

ما بعــد قانــون «مــور»

لماذا تُعَدّ نهايته القريبة بدايةً جديدة لصناعة الكمبيوتر؟

صفحة 32

علم البلورات

دقة تتخطّى حَدَّ الحيود

نهج يعزِّز دقة الكشف عن البِنَى البلورية بالأشعة السينية.

صفحة 61

التلوث

نقل بحري صديق للبيئة

ثلاث خطوات.. للحدّ من الأضرار البيئية للشحن البحري.

صفحة 43

علم نفس

كيف يتعامل الدماغ مع الأوامر

مطيعو الأوامر يشعرون بمسؤولية أقل تجاه تصرفاتهم.

صفحة 21

ARABICEDITION.NATURE.COM
إبريل 2016 / السنة الرابعة / العدد 43
ISSN 977-2314-55003

nature

إبريل 2016 / السنــة الرابعة / العـدد 43

فريق التحرير

رئيـس التحـريـر: مجـدي سعيـد
نائب رئيس التحريـر: كريـم الدجـوي
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
محـرر أول: نـهى هنـدي
محـرر علمي: شهاب طه، سُفانة الباهي، لبنى أحمد نور
مدير الشئون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين
مساعد التحرير: رغدة سيد سعد
المدير الفني: محمـد عاشـور
مصمم جرافيـك: عمرو رحمـة
مستشار التحريـر: أ.د. عبد العزيز بن محمـد السـويلم
مستشار الترجمة: أ. د. سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أبوالحجاج محمد بشير، أحمد بركات، أسماء راغب نوار، أنس سعد الدين، حاتم النجدي، حسن حلمي، راضية عبيد، رضوان عبد العال، ريهام الخولي، زينة المحايري، سارة عبد الناصر، سعيد يس، صديق عمر، طارق راشد، طارق قابيل، عائشة هيب، فكرات محمود، لينا الشهابي، محمد السيد يحيى، مدحت صادق، نسيبة داود، نهال وفيق، هبة آدم، هبة الغايش، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب.

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نيك كامبيل
مدير النشر: أماني شوقي

عرض الإعلانات، والرعاة الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(J.Giuliani@nature.com)
الرعاة الرسميون: مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية KACST
http://www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST



التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626
تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في هذا العدد من الطبعة العربية تجدون مختارات من منشورات دورية *Nature* في أربعة أعداد أسبوعية، من الخميس 11 فبراير إلى الخميس 3 مارس. ويضم العدد بين جنباته إضاءات على جوانب من آفاق تقدم العلوم، نقتطف منها ما يلي:

ففي قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "ما بعد قانون مور" تحقيق يتناول تخلي قطاع صناعة أشباه الموصلات عن التزامه بقانون مور، حيث "كان من المتوقع أن يعلِن رسميًّا قطاع صناعة أشباه الموصلات حول العالم في فبراير الماضي الحقيقة التي أخذت تتضح تدريجيًّا أمام كل الجهات والأطراف المعنية، وهي اقتراب قانون مور من نهايته"، فـ"لأول مرة، تقوم خريطة الطريق الجديدة بوضع خطة للبحث والتطوير، لا تتمركز حول قانون مور، لكنها تتبع بدلًا منه استراتيجية، يمكن تسميتها "ما بعد قانون مور"، فبدلًا من تحسين الشرائح الإلكترونية، ثم تطوير تطبيقات مناسبة لها، تبدأ الاستراتيجية بتطوير التطبيقات ـ بدءًا من الهواتف الذكية والحواسيب الفائقة، حتى مراكز البيانات في السحابة الحاسوبية ـ ثم العمل نحو تحديد الشرائح الإلكترونية المناسبة لدعمها. ومن بين هذه الشرائح ستظهر أجيال جديدة من أجهزة الاستشعار، ودوائر إدارة استهلاك الطاقة، وغيرها من الأجهزة الإلكترونية المطلوبة في عالم تتحول فيه نظم الحوسبة الآن بشكل متزايد إلى أنْ تصبح متنقلة".

أما التحقيق الآخر، وعنوانه "ضوء قادم من عوالم أخرى"، فيتناول اقتراب الفلكيين من معرفة ما تبدو عليه الكواكب التي تدور بعيدًا خارج المجموعة الشمسية، فـ"بعد ما يزيد قليلًا على عقدين من العثور على أول الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى، ارتفع عدد هذه الكواكب المكتشَفة بفضل الأجهزة المتطورة على كوكب الأرض وفي الفضاء، حتى تجاوز الآن 2,000 كوكب. وتضمنت الاكتشافات "كواكب مشتري حارة"، و"كرات أرضية فائقة"، وأجسامًا أخرى لا نظير لها في منظومتنا الشمسية؛ مما دفع الفلكيين إلى إعادة النظر جذريًّا في نظرياتهم عن كيفية تكوُّن المنظومات الكوكبية ونشوئها، إلا أن اكتشاف الكواكب ليس سوى البداية، والفلكيون يتحركون بضراوة نحو طور حاسم من البحث عن كواكب خارج المجموعة الشمسية، ثم معرفة ماهية تلك العوالم، لكن معظم تقنيات البحث عن الكواكب خارج المجموعة الشمسية لا يكشف إلا القليل بعيدًا عن كتلها، وحجومها، ومداراتها. فهل الكوكب صخري كالأرض، أم عملاق غازيّ، كالمشتري؟ هل هو عالي الحرارة، أم شديد التجمد؟ ومِمَّ يتكون غلافه الجوي؟ وهل يحتوي ذلك الغلاف الجوي على جزيئات، كالماء، والميثان، والأكسجين، بنسب غير متجانسة وغير مستقرة، يمكن أن تكون دليلًا على وجود حياة؟" هذا ما يحاول التحقيق الإجابة عليه.

أما التحقيق الثالث، وعنوانه "عالم الغد"، ويُعتبر جزءًا من ملف "أجيال المستقبل"، الذي نُشر في عدد 25 فبراير، فيتناول تسارع التطور التقني اليوم على نحو غير مسبوق؛ ليرسم لنا عالمًا، نستطيع بالكاد البدء في تصور ملامحه، فـ"في مارس 2001، نشر عالم المستقبليات راي كورزويل مقالًا بعنوان: "قانون العوائد المتسارعة"، قال فيه إن البشر يجدون صعوبة في إدراك مستقبلهم، وأكَّد أنه بالنظر إلى التاريخ، ستواصل التطورات التقنية تسارعها، رغم أن معظمنا لا يدرك ذلك، وأن العالم الذي نعرفه ستتغير ملامحه تمامًا في غضون عقود قليلة. وجاء في مقاله: "لن نشهد 100 عامٍ من التقدم في القرن الواحد والعشرين، بل سيبدو الأمر أشبه بعشرين ألف عامٍ من التطور (بالمعدلات الحالية)". ورغم أن بعض توقعاته في المقال كان غريبًا أو مُبالَغ فيه، إلا أن الخبراء يرون أن مبادئها الأساسية لا تزال صالحة إلى حد كبير. ويدل على ذلك - حسب قولهم - التطورات الكبيرة المتلاحقة في مجموعة من التقنيات الحديثة، مثل قوة الحوسبة، وتخزين البيانات، وحجم شبكة الإنترنت وأدائها. تصنع هذه التطورات نقاط تحول، أو لحظات تصعد فيها بلا حدود تقنياتٌ معينة، مثل الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وعلم الأحياء، وتكنولوجيا النانو، والطباعة ثلاثية الأبعاد؛ مسبِّبةً تغييرًا مفاجئًا وعميقًا. وكما تقول فايفاي لي، رئيسة مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي في كاليفورنيا: "نعيش اليوم في عالم يختلف تمامًا - إلى حدٍّ مثير للدهشة - عن العالم الذي عاش فيه آباؤنا، والأمر نفسه سيحدث ـ بل وأكثر منه ـ مع أبنائنا وأحفادنا".

رئيس التحرير
مجدى سعيد

المحتويات

إبريل 2016 / السنة الرابعة / العدد 43

هـذا الشـهـر

مهن علمية

أخبـــار في دائرة الضــوء

تحقيقات



تعليقات



المحتويات

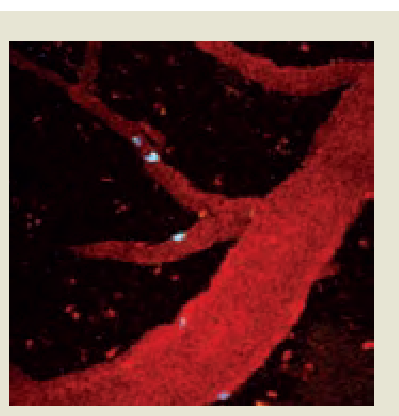
إبريل 2016 / السنة الرابعة / العدد 43

أبحـــاث

أنباء وآراء



ملخصات الأبحاث



أحياء جزيئية

تبادُل الخلايا التائيَّة بين الدم والدماغ

حقَّق ألكسندر فلوجيل وزملاؤه في الآليات التي يتم بها تمرير الخلايا التائية ذاتية التفاعل المستحثة للالتهاب من الدم المحيطي إلى الدماغ، وذلك أثناء النقل المتبّق في التهاب الدماغ، والنخاع المناعي الذاتي التجريبي «EAE» في الفئران، وهو نموذج لمرض التصلُّب المتعدد صفحة 71

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشـــهــــر

افتتاحيات

رؤية كونية يمكننا النهوض بمعدل نجاح الاكتشافات، إذا فهمنا عملية الابتكار **ص. 11**

الميكانيكا الحيوية العلماء يستخدمون آليات مرور الصراصير من الثغرات لبناء روبوت **ص. 13**

كيمياء محفِّز فعّال قد يحسِّن فرص الحصول على مياه شرب نقية في المناطق النائية **ص. 14**

السـلامـة أولًا..

هل ينبغي أن نقلق من عدم قدرة الوزارات الحكومية الأمريكية على إماطة اللثام عن البيانات الأساسية المتعلقة بمشروعات الأبحاث التي تشتمل على إجراء تجارب على البشر؟ إذ ينبغي أن تكون هذه البيانات متاحة للجمهور؛ لضمان سلامة المتطوعين.

"سلامتكم أولويّتنا"؛ بات من الصعب أن تزور أستاذًا رياضيًّا، أو تسافر على متن طائرة، أو حتى تتجه إلى السينما في هذه الأيام، دون أن يخبرك أحدهم بأنّ هناك عينًا ساهرة في مكان ما؛ لتعتني بأمرك. إذًا، لماذا يبدو بعض النُّظُم التي أنشئت لحماية المتطوعين المشاركين في البحث العلمي قاصرًا إلى هذا الحد؟

لا يتعلق الأمر بأننا لم نتلقّ تحذيرًا بشأن ما يمكن أن يحدث عندما يكون الإشراف والفحص غير صارمَين، حيث إنه في عام 2010، تم إسناد مهمة ثقيلة إلى اللجنة الرئاسية الأمريكية؛ لدراسة قضايا أخلاقيات العلوم الحيوية. فقد كانت حينها سلسلة من التجارب الطبية المرعبة التي أُجريت على مواطني جواتيمالا ـ الذين أُصيب بعضهم عمدًا بعدوى مرض الزهري ـ في أربعينات القرن العشرين قد خرجت إلى النور حديثًا؛ فطلب الرئيس باراك أوباما من اللجنة أن تبتّ فيما إذا كانت مثل هذه الشناعة يمكن أن تحدث اليوم، أم لا، وأن تقيِّم عمليات الحماية التي يتم تطبيقها على كل مَن يشارك في الأبحاث التي تُجْرِي تجارب على البشر، والتي تموِّلها الحكومة الأمريكية.

وما لبثت اللجنة أن واجهت مشكلة.. حيث كان من الصعب عليها أن ترسم صورة للنظام الحالي؛ فبعض الوزارات الحكومية لم يكن لديها وصول للبيانات الأساسية؛ لتحديد وفرْز المشروعات التي تتلقى تمويلًا فيدراليًّا، والتي تتضمن إجراء تجارب على البشر. وبعد ما يقرب من ستة أشهر من طلب اللجنة لتلك البيانات، كانت هناك إدارات في بعض الوزارات لا تزال غير قادرة على توفير المعلومات الأساسية، مثل قائمة بجميع تلك المشروعات، وعدد المشاركين المنخرطين فيها، ومواقع العمل.

وعندما رفعت اللجنة تقريرًا بنتائجها في عام 2011، كانت قد انتهت إلى أن اللوائح الحالية يُحتمل أنها تحمي المشاركين في الأبحاث مِن المعاملة غير الأخلاقية، لكنها لم تستطع قول هذا على وجه اليقين، حيث أفاد التقرير بما يلي: "وبسبب القدرة الحالية المحدودة لبعض الجهات الحكومية على تحديد المعلومات الأساسية حول جميع الأبحاث التي تُجْرِي تجارب على البشر، لا يمكن للجنة أن تؤكد أن جميع الأبحاث التي تتلقى تمويلًا فيدراليًّا تقدِّم مستويات الحماية المثالية".

مِن أجل تحسين الموقف، والمساعدة في ضمان حماية جميع المشاركين، قدَّمت اللجنة طلبًا بسيطًا، يتمثل في أنه ينبغي على أي وزارة أو هيئة فيدرالية تدعم الأبحاث التي تُجْرِي تجارب على البشر أن تجعل مجموعة من البيانات الأساسية متاحة للجمهور، بحيث تذكر عنوان البحث، وموقع الباحث، والتمويل. وسرعان ما امتثلت وزارة الدفاع، بيد أن هناك هيئات لم تمتثل حتى اليوم. وهذا ليس جيدًا بما فيه الكفاية، فعلى الرغم من أن لجنة الأخلاقيات الحيوية لا يمكنها إلزام الهيئات بتصنيف وتجميع هذه المعلومات، إلا أنه إذا كانت تلك الهيئات عازمة على الحفاظ على ثقة الجمهور، وضمان الأبحاث المستقبلية؛ فينبغي عليها كلها أن تقوم بذلك.

هذا.. ويتسم النظام الذي يشرف على الأبحاث التي تُجْرِي تجارب على البشر في الولايات المتحدة الأمريكية بالسرية على مستويات عديدة. فعلى سبيل المثال.. تتداول اللجانُ الأخلاقية الآراء فيما بينها سرًّا، وهي لجان المراجعة المؤسسية التي تقيِّم المخاطر، وتعتمد المشروعات. وعلى الرغم من وجود إرشادات بشأن أنواع الخبراء الذين ينبغي أن يشاركوا في اللجان، فإن هذه الإرشادات غير فعالة، حيث إنه ليس ثمة نظام مستقل لضمان اتِّباعها. وفي عام 2009، أفاد مفتشون من مكتب مساءلة الحكومة أنهم كانوا قادرين على تسجيل لجنة أخلاقية وهمية مع وزارة الصحة والخدمات الإنسانية.

صحيحٌ أن هناك اختبارات طبية عديدة تتلقى تمويلاً فيدراليًّا مسجَّلة على موقع ClinicalTrials.gov، لكن الرعاة غير مجبَرين على تسجيل الدراسات المبكرة التي تكون في المرحلة الأولى، وتمتد قاعدة البيانات لتشمل مشروعات غير طبية. وفي حين يحرص المسؤولون والهيئات الحكومية على المبالغة في ذكر فوائد جمْع بيانات كبيرة، فقد بات عليهم أن يفصحوا عن بعض المعلومات. ولا تزال هناك حاجة إلى توفير تلك التفاصيل، وليس مجرد سد الخانات. كما أن رسم خريطة لأماكن إجراء الأبحاث ونوعية المشروعات الجارية يتيح للباحثين ـ والجمهور ـ تحديد الفجوات والحشو الزائد. وبوسع هذا أن يسلط الضوء على المجموعات السكانية من المشاركين في الأبحاث ممن يتم أخْذ عيِّنات منهم بشكل زائد، أو ناقص، ويسلط الضوء كذلك على الدراسات التي يتم إجراؤها على السكان الذين لا يستفيدون من النتائج.

«يتَّسِم النظام الذي يشرف على الأبحاث التي تُجْرِي تجارب على البشر في الولايات المتحدة الأمريكية بالسِّرِّيَّة على مستويات عديدة».

على الرغم من المجاهدة للحصول على بيانات مفيدة، كان تقرير لجنة الأخلاقيات الحيوية قادرًا على تقدير أن الحكومة مَوَّلَت ما يزيد على 55 ألف مشروع من تلك المشروعات التي تُجْرِي تجارب على البشر في العام المالي 2010، وكانت غالبية تلك المشروعات دراسات طبية.

لقد حان الوقت لأنْ يردّ النظامُ الجميلَ لآلاف من المتطوعين الذين يساعدون الباحثين في المضي قدمًا في تلك الدراسات، بصورة تشكِّل مخاطرة على حياتهم هم أنفسهم، وذلك عن طريق كشْف النقاب عن السرية التي تحدّ من القدرة على التكهن بتلك المخاطر. ويُعَدّ بذْل الجهد اللازم من أجل الوفاء بتوصيات اللجنة طريقةً جيدة لمَن عليهم البدء في هذا الأمر. ■

مِن أجل سمـاء نظيفـة

يجب أن تمضي وكالات حماية البيئة قُدُمًا في وضع لوائح منظِّمة لانبعاثات عوادم الطائرات، إذا كانت لديها رغبة في إحداث فارق حقيقي.

تعبِّر المواقف المتباينة من الطيران عن رؤية أصحابها للاحترار العالمي، فبينما تستقل مجموعات من الأفراد ذوي القدرة على التحمل والمثابرة القطارات؛ نتيجة شعورهم بالقلق مما قد يسببه الطيران، يصرّ آخرون على اقتفاء أثر حياة الأثرياء الذين يسافرون بالطائرات النفاثة، كدليل على النجاح والرفاهية. وبين الفريقين المذكورَين يوجد فريق ثالث يسافر بالطائرات، لكنه لا يستطيع التخلص من الشعور بالذنب تجاه قيامه بهذا الأمر.

لقد أصبح الطيران رمزًا لحالة التقاعس العالمي عن بذل جهود جادة لمواجهة التغيرات المناخية، إذ (ربما يكون في ذلك بعض المبالغة، نظرًا إلى التأثير البسيط نسبيًّا - رغم تناميه - الذي يسهم به الطيران في مشكلة الاحترار العالمي)؛ فعلى مستوى الأفراد، يتسبب المسافرون جوًّا في إحداث تلوث كربوني ضخم، بينما تُوَاصِل الحكومات الاستثمار في المطارات، وممرات الإقلاع والهبوط، ويظل تحقيق النمو هو الهدف الأول لقطاع صناعة الطيران.

وتبذل غالبية أطر العمل الدولية التي تتعامل مع الانبعاثات الكربونية جهودًا مضنية؛ لإدراج الطيران ضمن أعمالها. فقد واجه الاتحاد الأوروبي موجة احتجاجات موسعة من

قِبل كلٍّ من الحكومات، وقطاع صناعة الطيران، إثر محاولته إدراج الانبعاثات الناجمة عن الطيران الدولي ضمن خطته لمقايضة الانبعاثات في عام 2012. وبدلًا من ذلك.. وافقت المنظمة الدولية للطيران المدني "ICAO" ـ وهي هيئة تابعة للأمم المتحدة، تشرف على بيئة الطيران ـ على اتخاذ إجراءات بهذا الخصوص.

وقد شهد العالَم في فبراير الماضي النتائج الأولية لهذا الإجراء، عندما اقترحت المنظمة معيارًا عالميًّا جديدًا لثاني أكسيد الكربون الناتج عن الطائرات. لم يكن ذلك الإنجاز مهمًّا؛ فاللائحة التنظيمية المقترحة - التي يُتوقَّع اعتمادها في وقت لاحق من هذا العام – تتسم بالتعقيد الشديد. والأهم من ذلك.. أن جميع الطائرات الجديدة سوف تحتاج إلى مواكبة المعايير الدنيا لكفاءة استهلاك الوقود بحلول عام 2028، إلا أن المنظمة الدولية للطيران المدني تؤكد أن هذه القاعدة التنظيمية سوف تضمن الحدّ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وهو ما قد يكون صحيحًا، لكنه مُضلِّل.

يشير تقييم مستقل، صادر عن المجلس الدولي للنقل النظيف "ICCT" إلى أن الطائرات الجديدة ستُنْتِج عنها انبعاثات أقل بنسبة 4% في المتوسط، وذلك عند اكتمال الخطة. وإضافةً إلى ذلك.. يُصَنَّع بالفعل كُلّ جيل جديد من الطائرات، ليكون أكثر كفاءة في استهلاك الوقود من سابقه. ويرجِّح التقييم المستقل نفسه أن ترفع الشركات المصنِّعة للطائرات كفاءة استهلاك الوقود بنسبة تتجاوز 10%، في الوقت الذي سيبدأ فيه تطبيق المعيار الجديد؛ وبالتالي ستفقد القاعدة التنظيمية جدواها؛ وتصبح غير ذات أهمية.

رغم ذلك.. ستكمن الأهمية الكبرى للمعيار العالمي في مجرد وجوده؛ إذ يُعَدُّ سابقةً فريدة من نوعها، وأداة يمكن استغلالها يومًا ما، لدفع عجلة صناعة الطيران إلى الأمام بصورة أكبر مما لو تحركت من تلقاء نفسها.

تستطيع كل دولة على حدة تطبيق لوائح أكثر صرامة. ففي العام الماضي، نشرت وكالة حماية البيئة الأمريكية "EPA" تقريرًا عن مخاطر الانبعاثات الناجمة عن الطيران، وهو ما يمثل خطوة أولى في عملية تنظيمية، يتم إجراؤها بموجب "قانون الهواء النظيف" الأمريكي. ومن المتوقع أن تنتهي الوكالة من هذا التقرير خلال الأشهر القادمة، تمهيدًا لإصدار المقترح التنظيمي الخاص بها. ولذلك.. من الممكن ـ بل يجب ـ أن تمضي الوكالة إلى أبعد مما وصل إليه المعيار الدولي، وأن تربِّي قواعد تتناسب مع الطائرات الموجودة بالفعل، إلا أن الوكالة لن تتمكن من إتمام هذه العملية قبل مغادرة الرئيس باراك أوباما البيت الأبيض؛ مما يجعل الأمر رهنًا بمَن سيتم انتخابه رئيسًا للبلاد في نوفمبر القادم. وأمام المعارضة العامة التي يمارسها المحافظون ضد أي إجراء يتعلق بالتغيرات المناخية، يتضاءل الأمل في التوصل إلى قواعد تنظيمية قوية صادرة عن الإدارة الأمريكية في حالة فوز الجمهوريين بالرئاسة. إضافةً إلى ذلك.. فإن المقترحات التي ستتقدم بها الوكالة ستُواجَه حتمًا بوابل من الدعاوى القانونية، التي تحرِّكها الأهواء، ولا يمكن التنبؤ بنتائجها، مثلما تَبيَّن بوضوح من الحُكْم الذي أصدرته المحكمة العُليا ـ في فبراير الماضي ـ بوقف تنفيذ اللوائح التي أصدرها أوباما، الخاصة بمحطات الطاقة، انتظارًا لنتيجة الطعن القانوني، لكن ثمة أمر لا لبس فيه، هو ضرورة اتخاذ "وكالة حماية البيئة الأمريكية" إجراءاتٍ بخصوص الرحلات الجوية، وإلّا وجدت نفسها بصدد مواجهات قانونية مع أنصار البيئة، الذين لن يتوانوا عن مقاضاتها، إنْ لم تتحرك.

لم تنجز "المنظمة الدولية للطيران المدني" العمل المنوط بها كذلك؛ إذ ما زالت تسعى إلى وضع خطة؛ لوقف الانبعاثات الناجمة عن الطيران الدولي عند المستويات المحددة لعام 2020. ويُعدُّ هذا الإجراء مصيريًّا؛ حيث إن الطيران الدولي مسؤول بالفعل عن حوالي 1.4% من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم، وهو لا يخضع حاليًّا لأي قواعد منظِّمة. وقد تجاهل الاتفاقُ العالمي لمكافحة التغير المناخي ـ الموقَّع في باريس في ديسمبر الماضي ـ الانبعاثات الناجمة عن الملاحة العالمية، الجوية والبحرية، رغم أن الأخيرة بمفردها مسؤولة عن حوالي 8.1% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية.

«الوقت الراهن هو الأنسب لهذا القطاع؛ ليستثمر في مستقبَل أكثر نظافة».

لذلك كله.. مِن غير المرجَّح أن نرى في القريب العاجل طائرات محلِّقة خالية من الانبعاثات؛ ومن ثم يصبح استخدام موازنة الكربون هو الأساس الذي يجب أن تَبني عليه "المنظمة الدولية للطيران المدني" تحركاتها. ربما تلجأ إلى فرض نوع من الرسوم على الرحلات الدولية؛ لتغطية تكلفة الحدّ من الانبعاثات في أماكن أخرى، لكن هذا لا يمنع أن المجال سيظل مفتوحًا أمام المضيّ قدمًا نحو طيران أكثر نظافة.

تحقِّق شركات الطيران حاليًّا أرباحًا طائلة، بفضل انهيار سوق النفط، وتراجع أسعار الوقود بوجه عام. ورغم المعارضة القوية من قطاع صناعة الطيران لخضوع الانبعاثات لقواعد تنظيمية مُحْكَمة، فإن الوقت الراهن هو الأنسب لهذا القطاع؛ ليستثمر في مستقبَل أكثر نظافة. ■

فوائد نشْر المعلومات

تتطلب الاستجابة السريعة والفعالة للأمراض المعدية الناشئة أن يُتاح للباحثين الوصول السريع لأحدث البيانات الخاصة بمسبِّباتها. رغم ذلك.. لا يزال أمامنا طريق طويل، لضمان تحقيق ذلك.

كلما حَلَّت سنة جديدة، حَلَّ معها فيروس جديد. فلم تكد معدلات انتشار فيروس الإيبولا تتراجع، حتى هيمنت أنباء فيروس "زيكا" على جميع الأخبار، حيث ارتبط هذا الفيروس ـ الذي يتسبب عادة في ظهور أعراض خفيفة ـ بزيادة معدلات المواليد الذين يعانون من حالة صغر الرأس في البرازيل، وهي حالة يعاني المولود فيها من صغر غير طبيعي لحجم الرأس والمخ. وتتطلب معرفة المضاعفات المحتمَلة لهذا الفيروس على النساء الحوامل منهجًا يقوم على سرعة تبادل المعلومات، ويستند إلى الأدلة العلمية.

تتمثل الأولويات العاجلة لتحقيق ذلك في جمع البيانات الوبائية والإكلينيكية؛ لتحديد ما إذا كانت الزيادة الواضحة في الحالات حقيقية، أم لا؛ وإذا كان الأمر كذلك.. فإلى أيّ مدى يتحمل فيروس "زيكا" مسؤولية هذه الزيادة؟ إضافة إلى ذلك.. يجب أن يحصل الباحثون في جميع أنحاء العالم على فرصة الوصول الكامل إلى هذه المعلومات بمجرد إتاحتها، إلا أن النشر العلمي التقليدي ـ الذي يستند إلى جولات من مراجعة الأقران ـ يمكن أن يمثل آلية بطيئة للغاية في نشر النتائج البحثية أثناء حدوث إحدى الحالات الطارئة في مجال الصحة العامة؛ ومن ثم، فإن النشر العاجل للبيانات في قواعد البيانات العامة، ثم النشر اللاحق لتحليلات مراجعة الأقران بعد ذلك، يمثل أحد الحلول الناجعة لمواجهة هذه المشكلة، إضافة إلى أن النشر المسبق للبيانات وتحليلاتها في قواعد البيانات العامة، وخوادم ما قبل الطباعة، والمنتديات، لن يشكل خطرًا على النظر في قبول البحوث المقدَّمة للنشر في طبعات دورية *Nature*، وذلك على النحو الذي ذكرناه مسبقًا. إضافة إلى ذلك.. ستوفر كل الدوريات التي تتبع *Nature* حرية الوصول المفتوح إلى جميع الأوراق البحثية المرتبطة بفيروس "زيكا" حتى إشعار آخر.

لقد شهدت الآونة الأخيرة بالفعل تحرُّكات واعدة؛ لإتاحة الوصول المفتوح السلس للبيانات الخاصة بحالة صغر الرأس، ووباء "زيكا" في الأمريكتين؛ كما أعلنت منظمة الصحة العالمية عن تدشين مبادرة "زيكا أوبن" Zika Open، تقوم من خلالها المنظمة بنشر جميع البيانات ذات الصلة في نشرتها على الإنترنت في غضون 24 ساعة.

تنشر دورية *Nature* بحثًا يبيِّن الحاجة إلى سرعة تداول البيانات خلال فترة تفشي الوباء، لا سيما أن تقنيات فك تتابع الجينوم قد حققت تقدمًا هائلًا إلى الحد الذي يسمح بإجراء فك تتابع الجينوم الكامل لعينة أحد الفيروسات في الميدان خلال 24 ساعة، عن طريق أحد أنظمة فك التتابع الجينومي المتنقلة، حيث كان إجراء فك التتابع الجينومي يستغرق وقتًا أطول في الماضي أثناء فترات تفشي الوباء، إذ كان يعتمد على إرسال العينات إلى المختبرات. ورغم أن هذه الطريقة ما زالت تواجه الكثير من التحديات التقنية، إلا أنها ينبغي أن تكون أداة حاسمة في مجال البحوث الوبائية؛ حيث تقدِّم الإمكانية لتعقب طرق الانتقال السريع للمرض من شخص إلى آخر؛ ومن ثم تساعد على توجيه السلطات إلى الموارد المباشرة، التي يمكن من خلالها قطع سلاسل نقل العدوى.

لا يمكن أن تتحقق الفائدة الكاملة لهذا التقدم، إلا إذا تمكَّن العلماء من الوصول إلى بيانات فك التتابع الجينومي، التي تم الحصول عليها من العينات المأخوذة في أوقات وأماكن مختلفة أثناء فترة تفشي المرض، كما تتضاعف أهمية بيانات فك تتابع الجينوم المسبِّب للمرض عند دراستها جنبًا إلى جنب مع البيانات الوبائية والإكلينيكية.

لقد تقلَّد علماء كثيرون في مختلف المجالات البحثية ـ لا سيما في مجال علم الجينوم ـ أدوار البطولة والحماسة في الإصدار المبكر للبيانات. واستخدم باحثو الأمراض المعدية المنتديات وقواعد البيانات العامة، مثل virological.org، وGISAID (المبادرة العالمية لنشر جميع بيانات الأنفلونزا)؛ حيث يمثل السابق منبرًا رئيسًا لتبادل التحليلات الأولية للبيانات، ومناقشتها، ويَعرِض حاليًّا تحليلًا جينوميًّا لفيروس "زيكا". أما "الاتحاد الدولي لالتهاب الجهاز التنفسي الحاد، والعدوى الناشئة" ISARIC، الذي تم تدشينه قبل أكثر من أربع سنوات، فيعمل مع الأطباء الإكلينيكيين وعلماء الأوبئة؛ لتفعيل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

البروتوكولات، وإجراء عمليات تبادل البيانات المتفَق عليها مسبقًا، التي يمكن تعديلها بعد ذلك بسرعة؛ لتلائم الوضع الجديد.

إضافة إلى ذلك.. نشرت دورية *Nature* ـ منذ ما يقرب من عام ـ مقالًا في قسم "تعليقات"، دعا إلى التبادل الفوري والمباشر للبيانات الخاصة بتفشي الفيروسات، وهي السياسة التي اتبعها الباحثون أنفسهم أثناء إجرائهم المبكر لفك تتابع جينوم فيروس الإيبولا لدى انتشاره في عامي 2014، و2015 (N. L. Yozwiak *et al*. *Nature* **518**, 477–479; 2015). وطالَب الباحثون "منظمةَ الصحة العالمية" بعقد اجتماع؛ بهدف وضع توجيهات لتبادل البيانات أثناء فترة تفشي الأمراض المعدية. وقد عُقد هذا الاجتماع في سبتمبر الماضي، وحضره ممثلون عن الحكومات، وهيئات الصحة العامة، والعلماء، كما حضره ممولو البحوث، والمختصون بالأخلاقيات، والناشرون. وأَقَرَّ الجميع بالأهمية القصوى لنشر معلومات فك التتابع الجينومي، الخاصة بمسبِّب المرض، بصورة تتيح الوصول المفتوح السلس في أقرب وقت؛ لاكتشاف البيانات.

في السياق ذاته، أكَّد البيان الصادر عن "منظمة الصحة العالمية" ـ في أعقاب الاجتماع ـ أن "الالتزام الأخلاقي الجوهري" لكل باحث يصل إلى معلومات متعلقة بإحدى الحالات الطارئة في مجال الصحة العامة يقضي بنشر النتائج الأولية، بمجرد خضوعها لمراقبة الجودة. كما أكَّد ممثلو الدوريات الكبرى المتخصصة في الطب الحيوي ـ بشكل قاطع ـ أن إتاحة هذه المعلومات لن يُخِلّ بالنظر في نشرها في الدوريات.

رغم ذلك.. لا يزال العلماء يواجهون بعض التحديات، لتحقيق التبادل السلس والسريع للبيانات. فعلى سبيل المثال.. ما تواجهه عمليات التبادل السريع للبيانات من معوِّقات هي بسبب عدم وجود قواعد دولية تحكم كيفية توزيع التقدير العلمي والحقوق المادية ـ بما في ذلك حقوق الملكية الفكرية ـ بصورة عادلة بين العلماء والسلطات في الدول التي تعاني من تفشي الوباء، فضلًا عن الباحثين في سائر دول العالم؛ وقد رأينا ذلك فعليًا أثناء ظهور فيروسات إنفلونزا الطيور H5N1، وH7N9، وفيروس كورونا المسبِّب في متلازمة الشرق الأوسط التنفسية.

من ثم، سوف تشجِّع طبعات دورية *Nature* الباحثين الذين لم يُودِعُوا حتى الآن معلومات فك التتابع الجينومي ذات الصلة في الأرشيفات العامة على القيام بذلك عند تقديم الأبحاث؛ وذلك من أجل النهوض بدورنا في قيادة التحول نحو التبادل السريع للبيانات أثناء حالات الطوارئ في مجال الصحة العامة. ■

الحــاضر المستقبــلي

مِنَصَّة استدامة يافعة عالمية.. تستحق أن تُمنح وقتًا؛ لإثبات وجودها.

في العلم البحت ـ كما في الفن ـ يندر وجود الطوارئ والتعجُّل. فقد تم اكتشاف موجات الجاذبية ـ وهو انتصار للعلم الذي يحركه الفضول ـ بفضل صبر الفيزيائيين، وقوة الخيال الخصب. ولا يشكل انتظارهم لعقود قبل تحقيق الاكتشاف أي فارق، ولكن للأسف.. لا تملك كل فروع العلم رفاهية عدم التقيُّد بالزمن.

تلمس حالات الطوارئ في العلم الأمورَ التي تحتل مرتبة متقدمة في الأجندة الاجتماعية، وقد صَنَّف العلماءُ واضعو النظريات المجالاتِ ـ مثل علم المناخ، وأبحاث التغير العالمي ـ بأنها علوم غير قياسية، حيث يكون للقضايا الاجتماعية الاقتصادية فيها نصيب وافر، ويكون اتخاذ القرارات بشأنها أمرًا مُلِحًّا. وينطبق هذا الحال على أجندة مبادرة "أرض المستقبل"، وهي منصّة الأبحاث الدولية التي تتناول شؤون الاستدامة، وتم تأسيسها في عام 2012؛ لمعالجة التحديات الاجتماعية المعقدة، بدءًا من تغيُّر المناخ، حتى الأمور المالية. ويستبدل برنامج المبادرة عددًا من البرامج الأضيق أفقًا، منها البرنامج الدولي للغلاف الأرضي والمحيط الحيوي، وبرنامج الأبعاد الإنسانية، اللذان أُغلِقا الآن، مصحوبَين بالكثير من الأسف.

سيكون لزامًا على باحثي الاستدامة اتباع أساليب متعددة التخصصات، بل ومتجاوِزة التخصصات، تذهب إلى ما هو أبعد مما اعتاد عليه كثير من العلماء. ويُعتبر هدف "التصميم المشترك" لمبادرة أرض المستقبل هو أن يخطِّط علماء الطبيعة والاجتماع لإجراء أبحاث وخطط ـ بمشاركة خبراء خارجيين ـ وأن يعملوا على تنفيذ تلك الخطط. وما زالت هناك حالة من الترقب لما إذا كان هذا الأمر سيجذب الباحثين الأكاديميين، وأصحاب المصالح، وخصوصًا الممولين، أم لا. ويحتاج البرنامج أن يقدم مثالاً ناجحًا على كيفية تطبيقه عمليًّا؛ لكي يقنع المتشككين.

يُعَدّ الحفاظ على الموارد الطبيعية ـ مثل الغلاف الجوي، والمياه، واليابسة، والمحيطات ـ للأجيال المستقبلية أمرًا حيويًّا، وقضية سيسعد أي عالِم مسؤول بالدفاع عنها، بيد أن دَمْج الطرق العلمية التقليدية للعلوم الطبيعية والاجتماعية مع المعرفة الواردة من مصادر أخرى ـ كمالكي الأراضي، والمخطِّطين، وشركات التأمين، وجماعات الحفاظ على البيئة، ومؤسسات الطوارئ، وصنّاع القرار السياسيين ـ يفرض تحديات تصوُّرية ومؤسسية.

عَقَدَتْ مبادرة "أرض المستقبَل" في فبراير الماضي بمدينة برلين ورشة عمل؛ لتبادل الرأي المجتمعي حول التكيف مع الأحداث المناخية القاسية، والاستجابة لها، حيث قدّمت نبذة عن تلك التحديات (انظر: go.nature.com/6utfmi)، التي يمكن أن تكون بمثابة اختبار لتصميم شبكات الأبحاث عن قضايا الاستدامة. وفي ظل الضغط الزمني، كان على المشاركين إعداد مسودة لاستراتيجية أبحاث؛ للتعامل مع محرِّكات الأحداث القاسية وتداعياتها، مع تهيئتها لتناسِب الإطار التصوُّري لمبادرة "أرض المستقبَل"، وهو أمر صعب للغاية. وقد طلبت ورشةُ العمل من علماء من خلفيات ثقافية أكاديمية مختلفة أن يؤدوا هذا العمل، وهو الأمر الذي أدَّى إلى خلْط دلالات المفاهيم، وإطلاق تعميم غريب، لا يقدِّم أي مساعدة.

ورغم ذلك.. لم تذهب ورشة العمل سدى، حيث قال مشاركون كثيرون ـ منهم عدد لا بأس به من دول نامية ـ إنهم استمتعوا بإخراجهم من مناطق الراحة التي اعتادوا عليها. وقد أطلقوا أسئلة بحثية مهمة، وأفكارًا جديدة شديدة الابتكار، تتعلق بكيفية تفاعل العلوم الطبيعية، والاجتماعية، ومنها أيضًا، على سبيل المثال: متى تتحد العوامل المناخية، والاجتماعية، الاقتصادية؛ لتضخيم آثار حالات المناخ القاسية، وإحداث أضرار متعاقبة؟ وهل ثمة "نقاط تحوُّل"، يمكن عندها أن تخفق النظم الاجتماعية أو الطبيعية في استرداد العافية مما وقع من صدمات؟ وكيف يمكن للتكيُّف ـ المستنِد إلى العلم ـ أن يعمل في المناطق التي تفتقر إلى البيانات؟ وقد لاقت الأفكار صدى في عقول البعض، حيث أشار ممثلو الوكالات الممولة ـ بحذر أثناء ورشة العمل ـ إلى أن المقترحات تحظى بفرصة جيدة للحصول على تمويل بواسطة منتدى "بِلْمُونت"، وهو بمثابة مجموعة عالمية، تضم 21 مموِّلًا أساسيًّا لأبحاث التغير المناخي العالمي.

لم تلتزم الحكومات والجهات المانحة ـ بشكل قاطع ـ تجاه تمويل مبادرة "أرض المستقبل" ككل. ويأتي هذا الإحجام بسبب عدم التأكد مما يمكن أن يقدِّمه برنامج المبادرة. وتلاحِق نظرات الشك مبادرة "أرض المستقبل"، بسبب إغلاق برامج ناجحة لصالحها، كمبادرة حديثة، لا يوجد دليل حتى الآن على فعاليتها من الناحية التصوُّرية؛ لكن إطلاق هذه المبادرة جاء استجابةً لشكاوى من أن البرنامجين السابقين لم يكونا مرتبطين معًا بما يكفي، وأن ما أنتجاه من معرفة كان بالكاد مفيدًا عمليًّا. هذا.. ولم يكن هناك نقص في الدراسات، فعلى سبيل المثال.. توجد دراسات حول مدى شدة تأثير الحرارة، والمطر، والرياح على المزارعين وقاطني المدن والخطوط الساحلية في أجزاء متعددة من العالم، بيد أن النتائج تكون عديمة الفائدة تقريبًا، إذا لم تسلك طريقها إلى ما هو أبعد من صفحات الدوريات الأكاديمية.

> «ينبغي ألّا تتقيد أبحاث الاستدامة بالقيود التصوُّرية والمنفعية».

سيكون لِزامًا على مبادرة "أرض المستقبل" أن تتأكد من وصول البرهان العلمي إلى مكاتب صنّاع القرار، أيًّا كان ما سيفعلونه به بعد ذلك. وينبغي على البرنامج أيضًا أن يتجنب تكرار ما سبق الوصول إليه، حيث إن جبال البيانات التي تم الحصول عليها من البرامج السابقة ـ بما في ذلك دراسات التغير المناخي، التي لا حصر لها ـ تظل مناسبة وصالحة للاستخدام، حتى وإنْ لم يتم وضعها قيد الاستخدام البَنّاء بعد.

ينبغي أن تقوم أبحاث الاستدامة المستقبلية ـ مهما كانت متداخلة التخصصات ـ بالاستفادة من التراث، وأن تركِّز على إيجاد الفجوات المعرفية؛ وسَدّها. وعند القيام بذلك، يمكن للعلماء المشاركين في مبادرة "أرض المستقبل" أن يقدِّموا خدمة للمجتمع، لا تُقَدَّر بثمن. كما أن الباحثين في المجالات الموغلة في التخصص ـ كعلوم المناخ القديم، والعلوم السلوكية، على سبيل المثال ـ ممن يعملون على سد تلك الفجوات سيحظون بفرصة جيدة؛ لوضع عملهم في سياق أوسع، وأكثر رحابة.

مِن الممكن أيضًا أن تصبح مبادرة "أرض المستقبل" حالة نموذجية لعرض ارتباط العلوم الطبيعية بالعلوم الاجتماعية، وهي حاجة ضرورية وحقيقية، أخذًا في الاعتبار أن النشاط الإنساني يعمل على تغيير الكوكب بسرعة مقلقة. وينبغي ألا تتقيد أبحاث الاستدامة بالقيود التصوُّرية والمنفعية؛ فالعلماء ليسوا مجرد مقدِّمي خدمات، وكما هو الحال في أي مجال في العلوم، يتعين أن يظل البحث في مجال الاستدامة أمرًا يحرِّكه الفضول بشكل أساسي. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp



هل يمكــن لقــرارات اليــوم أن تحــمي المستقبــل حقًّــا؟

ترى **سيلين كيرميش** أن تأثير السياسات طويلة المدى على أجيال المستقبل يختلف بمرور الزمن، ويجب وضع هذا الأمر في الاعتبار عند وضع هذه السياسات.

يَشِيع استخدام مصطلح "أجيال المستقبل" في الأبحاث، وأثناء وضع السياسات في المجالات التي تتطلب نظرة بعيدة المدى، مثل الطاقة، والبيئة. ويُستخدَم المصطلح تحديدًا لإضفاء أبعاد أخلاقية لهذه الأمور؛ ولكن لِمَن نشير تحديدًا عندما نتحدث عن أجيال المستقبل؟ لا يُطرح هذا السؤال عادة، وقلّما توجد أجوبة عليه. نحن نحتاج إلى تعريف "أجيال المستقبل" تعريفًا دقيقًا، فعدم قيامنا بذلك يؤدي بنا إلى الدخول في مسارات خطيرة ومدمرة عند تقريرنا أي تركة نختار أن نتركها لِمَن بَعْدنا، ومناقشتنا لآثارها المحتملة.

ومن الأمثلة الجيدة على ذلك.. النِّقاش الذي يدور حول إدارة النفايات المشعة، حيث يُنْظَر إلى أجيال المستقبل كجماعة موحدة من البشر، أي كل الأجيال التي تتبع جيلنا، بدون أي محاولة مِن جانِبنا لحصر هذه الأجيال، وفقًا للزمن. ومن ثم، فعندما نتحدث عن النفايات النووية، هناك تقديرات تقول إنّ وَضْع أجيال المستقبل في الاعتبار يُوجِب علينا التخطيط للمدة كلها، التي تكون فيها المواد محل التناول ذات خطورة، ولو حتى بعد مليون سنة، كما تشير التقديرات.

هذا الإطار الزمني يشمل أحفادنا، وكل الأشخاص، وصور الحياة المختلفة التي ستشاركهم كوكبنا بعد وقتنا هذا بمئات الآلاف من السنين. وإذا نظرنا إلى الأمر من وجهة نظر أخلاقية؛ سنجد أنه لا معنى للتظاهر بأنّ هناك مجموعة متجانسة، سيكون لسياسات النفايات النووية التأثير نفسه عليها، ومحاولة التعامل معها من هذا المنطلق يشوّه السياسة التي نتبنّاها.



من أهم القرارات التي يجب علينا اتخاذها عند التخطيط لما سنفعله بالنفايات النووية، هو النظر فيما إذا كنا سنمنح البشر الذين سوف يعيشون في المستقبَل القدرة على إلغاء قرارنا؛ وانتهاج الاستراتيجية الخاصة بهم، أم لا؛ فعلى سبيل المثال.. يمكن أن يكون هناك حل آمِن تمامًا بعد بضع آلاف من السنين. وهذه الافتراضية تتطلب منا أن نضع النفايات في مكانٍ، يمكن أن تُسترجَع منه لاحقًا. ولذلك.. إذا اخترنا ـ كما تفعل غالبية الدول ـ أن نتخلص منها في مرافق تحت الأرض؛ سيُلْزِمنا موقفنا الأخلاقي من أجيال المستقبل ألا نغلق مواقع تصريف النفايات هذه إغلاقًا تامًّا ونهائيًّا.

مِن النظرة الأولى إلى هذه الاستراتيجية؛ سنجد أنها تحترم حرية أجيال المستقبل، ومن ثم فهي "أخلاقية"، لكنْ إذا نظرنا إليها عن كثب؛ فسنجد أن هناك نقطة في المستقبل، ستكون عندها قدرة مَن سيَخْلفوننا على أنْ يقوموا باختياراتهم الخاصة ليست ذات صلة، فهذه الحرية لن تفيد إلّا مَن يعرفون ويتذكرون وجود النفايات في الأسفل، فإذا وضعنا في اعتبارنا أننا الآن نكافح لإجابة بعض الأسئلة التي تخصّ الحضارات البشرية المفقودة منذ بضع آلاف من السنين فحسب، يفرض علينا التواضع أن نفترض إمكانية فقدان المعلومات المتعلقة بمواقع تصريف النفايات المشعَّة، وكيفية التعامل معها في وقت ما خلال المليون سنة القادمة.

تَفترِض "الهيئة الفرنسية للسلامة النووية" أن فقدان الذاكرة هذا لن يحدث لمدة 500 سنة على الأقل، ولكن من الواضح أن الكثير يمكن أن يحدث بين عامي 2500، و1,002,000، ويدَّعي بعض مناصري خيارات النفايات القابلة للاسترجاع أنّ أجيال المستقبل سوف تغلق مواقع التصريف، قبل أن تُفقَد الذاكرة. وحتى لو كان ذلك صحيحًا، علمًا بأننا لا نستطيع أن نتحقق من ذلك، فهذا لا يحل المشكلة الأخلاقية، وهي افتراض أن معاملة كل أجيال المستقبل بالطريقة نفسها أمر ممكن، حيث إنه لن تَعْني ـ في هذه الحالة ـ مميزات قابلية النفايات للاسترجاع أحدًا إلا الأجيال التي ستحيا قبل إغلاق مواقع تصريف النفايات.

إنْ دَلَّ هذا المثال على شيء، فهو أنه لا معنى للحديث عن "أجيال المستقبل"، إذ يجب علينا أن نشير إلى مجموعتين، هما: "أجيال المستقبَل القريب"، و"أجيال المستقبَل البعيد". ويَعتمِد تعريفنا لهذه المجموعات على المشكلة التي نحن بصدد تقييمها. فإذا كنا بصدد إدارة النفايات المشعّة، فأجيال المستقبل البعيد هي الأجيال التي سوف تنسى أمر وجود المخلَّفات، أما عن تحديد الوقت الذي سوف تُفقَد فيه هذه الذاكرة في المستقبل بالضبط، فهو ليس أمرًا مهمًّا هنا، فكل ما علينا فعله هو أن نفترض أن ذلك سوف يحدث؛ ونتصرف على هذا الأساس.

إنّ تناول الآثار التي سوف تطرأ على أجيال المستقبَل بهذه الطريقة يضع على المحك ميزة أخرى مزعومة؛ لجعل النفايات النووية قابلة للاسترجاع، وهي أنّ القدرة على مراقبة مواقع تصريف النفايات والحفاظ عليها تُعتبر بمثابة الحفاظ على سلامتها، ولكنْ نظرًا إلى أن ذلك ينطبق على أجيال المستقبل القريب فحسب، فإن عدد الأشخاص الذين يُتوقَّع أن تحميهم هذه السياسة سوف يكون أصغر بكثير مما هو مُفترَض بشكل عام.

ينطبق ذلك على حد سواء عندما نتحدث عن أمن النفايات، فإغلاق المواد المشعّة، التي يتم تصريفها غلقًا تامًّا، بحيث لا يستطيع أحدٌ ـ ومن بينهم الإرهابيون ـ أن يفتحها يحمي عددًا أقل مما نتخيّل من الأشخاص. أما بالنسبة إلى أجيال المستقبَل البعيد، فإن المخاطر الأمنية سوف تتبخَّر تمامًا؛ فالجميع ـ بما في ذلك أولئك الذين قد يرغبون في استخدامها لأغراض خبيثة ـ سوف يكونون قد نسوا وجودها من الأساس.

مثلما توجد عمليات تبادلية بين جيلنا وأجيال المستقبل، هناك أيضًا تعارُض على غرار ذلك بين أجيال المستقبَل القريب، وأجيال المستقبَل البعيد، ويَسرِي ذلك على مجموعة من القضايا طويلة الأجل، التي تختلف آثارها مع مرور الزمن؛ فعندما نحلل ـ على سبيل المثال ـ تمويل إدارة النفايات النووية من وجهة نظر أخلاقية، يجب أن نميِّز بين الأجيال التي سوف تستفيد من التقنيات النووية، وتلك التي لن تستفيد منها.

يمكن الاستفادة من هذا التمييز في توفير المعلومات اللازمة لِنقاشات أخلاقية أخرى حول المشكلات طويلة الأمد، ومِن بينها التغير المناخي. ومِن الممكن أن تكون أجيال المستقبَل البعيد هي تلك الأجيال التي تعيش في عالمٍ، متوسط ارتفاع درجة الحرارة فيه يزيد على 3 درجات مئوية، وترتفع فيه كذلك مستويات البحر بمقدار معين. ومِن الواضح هنا أن احتياجاتهم سوف تكون مختلفة عن احتياجات أجيال المستقبَل القريب، الذين قد يبذلون كل المحاولات الممكنة؛ لمنع ارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجتين مئويتين، أو يستمرّون في الجدال حول ما إذا كان الاحتباس الحراري العالمي خطرًا حقيقيًّا، أم لا. ■

سيلين كيرميش تعمل في فلسفة وأخلاقيات المخاطر في جامعة بروكسل الحرة، بروكسل.
البريد الإلكتروني: Celine.Kermisch@ulb.ac.be

أجيال المستقبل
عدد خاص من دوريـــة *Nature*
nature.com/futuregenerations

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



اجعلوا علم الابتكار سبيلًا للاكتشافات

يرى **أندرو كوسياك** أنه يمكننا النهوض بمعدل نجاح الاكتشافات، إذا فهمنا عملية الابتكار.

يتحدث الجميع عن الابتكار.. فعلى سبيل المثال.. نرى مجلس الشيوخ الأمريكي يعمل على مشروع قانون عن الابتكار في الطب الحيوي، بينما أعلنت مؤخرًا الوكالة الرئيسة المختصة بالتمويل في أستراليا عن أنها ستشطب المئات من العلماء المتخصصين في المناخ، في إطار جدول أعمال "البرنامج الوطني للعلوم والابتكار". أما في الهند، فسيقوم "المجلس الوطني للمتاحف العلمية" بإنشاء مراكز للابتكار في المراكز التابعة له. كما أن هناك المزيد من المؤسسات التي تضع كلمة "الابتكار" في مسمّياتها وعلاماتها التسويقية، فالابتكار يمثل حجر الزاوية بالنسبة إلى السياسات الوطنية والمحلية، وهو يستهلك مليارات الدولارات من الاستثمارات على مستوى العالم. وعلى الرغم من ذلك.. فإن الأدلة على حدوث هذه الجهود المبذولة في مجال الابتكار تكاد أن تقترب من الصفر، فنحن ـ ببساطة ـ لا نعرف كيف يحدث الابتكار، ولذلك.. ينبغي أن نبذل المزيد من الجهود؛ كي نتوصل إلى هذه المعرفة.

عادةً ما يختلط مفهوم الابتكار بمفهوم الاختراع والإبداع، فالإبداع هو القدرة على إنتاج أفكار ومفاهيم وأشياء جديدة تمامًا، وهو الذي يبعث على الاختراع، وأكثر المجالات التي يبرز فيها ذلك هو مجال التكنولوجيا، ومجال قطاع الأعمال. فبينما يستمتع الفنانون بالإبداع، ويركِّز المهندسون والعلماء على الاختراعات، يحتاج الابتكار إلى مكوِّن ثالث، ألا وهو: "النجاح في السوق".

يضم التاريخ أمثلة على التحول السريع من الإبداع إلى النجاح في السوق، ومثال ذلك.. نجاح بيكاسو في تحقيق دخل من إبداعاته، و"ملاهي ديزني" التي تُعَدّ من أكثر المناطق جذبًا للسياح، وجلبًا للربح، أما الابتكارات الكاسحة، التي لها آثار تحويلية جذرية، مثل المحرك البخاري، أو هاتف الـ"آي فون" من إنتاج شركة "أبل"، فتُعتبر نادرة.

إن الطريق نحو الابتكار الآن يغلب عليه الفن أكثر من العلم، مما قد يفسر سبب الوهن الذي أصابه بصورة صادمة، حيث إن فرصة حصول اختراع ما على النجاح التجاري أو الاجتماعي اللازم ـ لكي يُعترف به كابتكار ـ لا تتعدى نِسَبًا ضئيلة جدًّا، حتى إنّ نسبة صغيرة جدًّا من المِنَح التي يقدمها برنامج بحوث الابتكار في المشروعات التجارية الصغيرة في الولايات المتحدة الأمريكية هي التي تُنْتَج عنها أنشطة اقتصادية، أو منتجات، أو خدمات حيوية بالفعل. وبالنسبة إلى الأسواق المشبعة تحديدًا، مثل أسواق الهواتف المحمولة، أو الاكتشافات الطبية، يكون معدل النجاح فيها أشد انخفاضًا.

تحتاج الحكومات إلى الابتكار الذي لا يمثل نقطة تحوُّل في نشاط ما فحسب، ولكن يقدم أيضًا حلولًا للمشكلات التي تمثل "تحديات كبرى" يواجهها العالم، ومثال ذلك: موارد الطاقة البديلة، والحد من التغير المناخي، والقضاء على الفقر، وتحسين الرعاية الصحية، والنهوض بالأمن. هناك برامج بحثية عديدة تعمل في هذه المجالات وغيرها، تدَّعي لنفسها الابتكار، وذلك من منطلق أنها تبحث عن أساليب جديدة، وتطبقها على مشكلات معينة.

ويبدو أن هناك مَن يظنون أن البحث نفسه مُبتكر، بسبب انبثاق اكتشافات جديدة عنه، أو لأن البحث سيؤول حتمًا إلى نتائج مبتكرة، في حين أن الأمر ليس بهذه البساطة، فلا يوجد ثمة فهم عميق لعملية الابتكار، حيث إنها تتسم بكونها معقدة، ولم يتم تصويرها ـ أو صياغتها ـ بالشكل الأمثل، فلا توجد نظرية موحَّدة، أو نموذج يمكن الركون إليه عن الابتكار. وبعبارة أخرى .. لا يوجد ما يمكن أن يُسمَّى بعِلْم الابتكار.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة
مباشرة من خلال:
go.nature.com/mewfri

إذَن، كيف يمكن أن ينشأ علم الابتكار؟ هناك عدة مجالات، يمكن للأبحاث أن تبدأ منها حتى يمكنها صياغته، ومثال ذلك: دراسات براءات الاختراع، أو الأشخاص المبدعين، مثل الموسيقيين، والرسامين، حيث يمكن أن نستفيد من نتائج مثل هذه الدراسات؛ لتَصَوُّر نموذج لعملية الابتكار؛ ووضع مفاهيم لها، انطلاقًا من المفاهيم العامة للابتكار في مجالات الهندسة، والفنون، والعلوم، والمجالات الاجتماعية.

لا شك أن هذه المهمة معقدة وضخمة، ولكن يمكن البدء بالخطوة الأولى، من خلال البحث عن العوامل المشتركة، ووضع القواعد والملامح التي من شأنها أن تدعم الابتكار. كما أن النظر إلى التجارب السابقة سيساعدنا؛ فغالبًا ما يدَّعي الأشخاص والمؤسسات التعلم من الأخطاء، ولكنْ، كم منهم يحلل الفشل تحليلًا منظَّمًا؟ إنّ مكتبات براءات الاختراع تعج بوثائق لا تُستخدم أبدًا، وهناك برامج بحثية وتجارب إكلينيكية كثيرة لا تُكلَّل بالنجاح. ومن ثم، يمكن لتحليل هذا الفشل أن يساعد الآخرين على النجاح، ويمكنه أن يسهم في المساعدة على فَهْم ما الذي يحث على الابتكار.

مِن أحد أساليب النظر إلى التجارب السابقة أيضًا: "تخيُّل الأفضل"، ويتبع ذلك النزول بهذا التخيل إلى أرض الواقع. تخيَّل ـ على سبيل المثال ـ قطعة أثاث مكتبي ذات أداء وظيفي شامل، بحيث إنها تستوفي كل احتياجات الموظف، كما أن لونها يتغير تبعًا لاختلاف الطقس، وتتكيف مع طول الشخص الذي يستخدمها، ووزنه. وهنا، تأتي الحدود التقنية، والتكاليف الباهظة، ورَدّ فعل السوق المتوقَّع، كي تنزل بنا هذه الأشياء مجتمعةً من هذا التخيل إلى شيء ملموس يمكن تسويقه، كأنْ يكون المنتَج كرسيًّا، يمكن تعديل ارتفاعه، ومكتبًا، يمكن تعديل وضعه على مستويين من الارتفاع، ويمكن إتاحتهما بألوان مختلفة. فطابعات الكمبيوتر تم ابتكارها بطريقة مشابِهة، عن طريق تضمين ودمج وظائف أخرى غير الطباعة نفسها.

> لا يوجد ثمة **فهم عميق** لعملية **الابتكار**

يُعَدّ حجر الأساس لعلم الابتكار هو الربط بين الأفكار التي تبدو في ظاهرها غير مترابطة. إننا محاطون بكَمّ هائل من الاكتشافات، كلّ منها في مجال منفصل عن الآخر. ورغم ذلك.. فعمل روابط سريعة بين هذه المجالات ـ مثل الربط بين الأحياء، والتقنية ـ يمكن أن يصل بنا إلى أفكار أكبر، ويعيد توجيه البحث والتنمية نحو اتجاهات جديدة.

ينبغي على الباحثين في علم الابتكار تطوير نماذج للسوق، وللمنتجات؛ للتنبؤ بالنتائج الناجحة. ويمكن أن تقوم هذه النماذج على الحوسبة التطورية الناشئة، ويمكن تطويرها وإجازتها واختبارها باستخدام تيارات البيانات المتاحة، مثل اهتمامات المستهلكين وتفضيلاتهم. كما ينبغي على المؤسسات الخاصة أن تنشئ مبادرة عالمية على المدى الطويل، على أن تكون على مستوى مشابه لتلك التي أطلقها بيل جيتس ـ مؤسِّس شركة "مايكروسوفت" ـ وهي "تحالُف القفزة النوعية للطاقة". وفي الحقيقة، يمكن لهذا التحالف نفسه أن يستفيد بشدة من علم الابتكار.

بعبارات تجارية.. إذا قارنَّا بين الاستثمار، والناتج؛ فقد تصل نسبة احتمال فشل عملية الابتكار إلى 99%، وهو ما لا يمكن ـ ببساطة ـ لأي مؤسسة تجارية أن تتحمله. أما الصناعة الرائجة، فقد انتقلت إلى برامج "6 سيجما"، وغيرها، بحيث لا تكاد تتحمل أكثر من خطأ أو اثنين في المليون، ولكن يجب على الحكومات والعلماء أن يعطوا مزيدًا من الاهتمام لعملية الابتكار نفسها، بدلًا من مناقشة الأشكال المختلفة للابتكار. ■

أندرو كوسياك أستاذ الهندسة الميكانيكية والصناعية في جامعة أيوا، أيوا سيتي.
البريد الإلكتروني: andrew-kusiak@uiowa.edu

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

STEPHEN MARTIN, UNIV. SALFORD

علم الطفيليات

فيروس نحل العسل ينشره النشاط البشري

ساعد التداول التجاري لنحل العسل على انتشار فيروس نحل فتّاك في جميع أنحاء العالم على مدى القرن الماضي.

يحدّ فيروس الجناح المشوَّه من فرص نجاة نحل العسل الأوروبي "*Apis mellifera*" في فصل الشتاء، وقد يكون عاملًا في خسائر المستعمرات الكبيرة المشهودة في بعض أرجاء العالم. ولمعرفة كيف صار الفيروس وباء منتشرًا، حلَّلت لينا ويلفرت وزملاؤها ـ بجامعة إكستر بالمملكة المتحدة ـ جينوم الفيروس؛ لإعادة بناء تاريخه التطوري والجغرافي. ووجد الفريق أن الفيروس انتشر من أوروبا في القرن الماضي. ويرجع ذلك ـ جزئيًّا ـ إلى التجارة في المستعمرات التجارية. وأسهمت في ذلك أيضًا ناقلات المرض الجديدة للفيروس، حيث بدأت عثة فاروا "*Varroa destructor*" تصيب نحل العسل الأوروبي منذ نحو 50 عامًا، عندما بدأ هذا الوباء في الانتشار.

يقول الباحثون إن هناك حاجة إلى تشديد الرقابة على المستعمرات التجارية؛ لإبطاء انتشار الفيروس.

***Science* 351, 594–597 (2016)**

علم اللغة

اللغات لها بِنْيَة مشتركة

تشترك لغات عديدة في بِنْيَة دلالية عالمية مستقلة عن ثقافة أو بيئة الناطقين بها، أو مدى الارتباط الوثيق بين اللغات.

فقد درست هيجين يون، وتانموي بهاتاشاريا، وزملاؤهما ـ بمعهد سانتا في، نيو مكسيكو ـ كلمات 22 مفهومًا عالميًّا ـ مثل "الشمس"، و"الماء" ـ في 81 لغة، وحدّدوا الكلمات التي لها معان متعددة. ربط الباحثون بين الكلمات والمعاني ذات الصلة؛ لتشكيل شبكة من الخرائط، ووجدوا أنماطًا شائعة في طريقة اتصال معان مختلفة بعضها ببعض. على سبيل المثال.. كانت كلمات "البحر"، و"الملح" أقرب إلى بعضها من كلمات "الشمس". وقد استمرت هذه البِنْيَة في جميع اللغات.

يقول الباحثون إن هذه الطريقة قد تساعد في الكشف عن مفاهيم تُعَدّ خصائص عالمية للإدراك البشري واستخدام اللغة.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/bb94 (2016)**

علوم بيئية

بلاستيك المحيط يضرّ المحار

ينتِج المحار الذي يستهلك قطع البلاستيك الصغيرة المنتشرة في محيطات العالم ذُرِّيَّة أقل، وأقل قوة من نظرائها غير المعرَّضة "للبلاستيك".

ينتهي المطاف بملايين الأطنان من البلاستيك في المحيطات كل عام. وقد تضر الأجزاء "البلاستيكية المجهرية" الدقيقة ـ تلك الأقل من 5 ملِّيمترات في القُطْر ـ بالحياة البحرية. فقد وضع أرنو هوفي وزملاؤه ـ بالوكالة الوطنية الفرنسية للأبحاث البحرية IFREMER في بلوزان ـ محار المحيط الهادئ (*Crassostrea gigas*، **في الصورة**) في ماء، أُضيفت إليه كرات البوليسترين ميكرومترية الحجم، بمستويات يُقدّر أنها تناظِر تلك التي يعيش فيها المحار في البرية. وبعد شهرين، أنتج المحار الذي تعرَّض للبلاستيك خلايا بويضات أقل وأصغر، وحيوانات منوية أقل حركة، وذُرِّيَّة أقل من الحيوانات التي نشأت في مياه بدون البلاستيك. وفضلًا عن ذلك.. نمت الذرية ببطء أكثر.

يقول الباحثون إن البلاستيك المبتلَع قد يربك عملية الهضم لدى المحار، ويُطْلِق بعض المواد الكيميائية التي تزعج الغدد الصماء؛ وتؤثر بدورها على الأجهزة التناسلية.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/bcdm (2016)**



OLIVIER BARBAROUX/IFREMER

الأحياء المجهرية

نسخة بكتيرية من مقلة العين

يستشعر نوع من بكتيريا المياه العذبة اتجاه الضوء بأنْ يعمل بمثابة عدسة مجهرية. تَستخدِم بكتيريا خضراء مزرقة كروية ـ تُسمى *Synechocystis*، وتحصد الطاقة من الضوء ـ زوائد بروتينية؛ لسحب أنفسها على الأسطح الرطبة نحو مصادر الضوء. ووجد فريق بحثي بقيادة كونراد مالينيو ـ من جامعة الملكة ماري في لندن ـ أن الخلايا تعمل بمثابة عدسات دقيقة، تكسِر الضوء وتركِّزه. وعندما أضاء الباحثون جانبًا واحدًا من الخلايا، ظهرت نقطة مضيئة في الطرف المقابل. وتسببت محاكاة هذه النقطة ـ باستخدام شعاع ليزر ـ في ابتعاد خلايا *Synechocystis* عن هذه النقطة في اتجاه مصدر الضوء.

يرى الباحثون أن البروتينات الحساسة للضوء ـ المدمجة في الغشاء الخلوي ـ تحفز البكتيريا للتحرك نحو الضوء.

***eLife* http://doi.org/bcgd (2016)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم المواد

بطارية أفضل، ذات عمر أطول

صَنَعَ باحثون بطارية، يمكن أن تخزِّن طاقة عالية، وتوفِّر قدرة عالية، على حد سواء.

تتمكن البطاريات عادة من تخزين الكثير من الطاقة، لكنها تُفْرِغها بمعدلات منخفضة. ولجَعْل مادة ما قادرة على "تخزين" طاقة عالية، وذات قدرة عالية، على حد سواء، وضع فريق بحثي بقيادة يان يو ـ من جامعة العلوم والتكنولوجيا في الصين في هيفي ـ ثلاثي فوسفات الصوديوم والفاناديوم ($Na_3V_2(PO_4)_3$) داخل خليط من أكسيد الجرافين المختزل، وأنابيب الكربون النانوية؛ لتحسين توصيل مركّب الصوديوم. وقام الباحثون بترسيب المادة على دعامة من الفولاذ المقاوم للصدأ، دورها هو جمْع التيار، متجنِّبين استخدام إضافات أخرى، من شأنها أن تقلل من أداء الجهاز.

صَنَع الفريق البطارية باستخدام المادة المسامية، وأظهروا أن الجهاز يمكن أن يقدِّم مستويات عالية من الطاقة بمعدل مرتفع. احتفظت البطارية أيضًا بنسبة 96% من قدرتها، حتى بعد شحنها وتفريغها 2,000 مرة. ويقول الباحثون إنه يمكن استخدام هذا النهج مع مواد أقطاب أخرى.

Adv. Mater. **http://doi.org/f3kvx3 (2016)**

الهندسة الحيوية

فقاعات متفجِّرة تقتل خلايا سرطانية

قد تساعد تقنية تَستخدِم فقاعات متفجرة دقيقة داخل الأورام يومًا ما في التخلص تمامًا من الخلايا السرطانية خلال الجراحة.

يَفتقِر الجرّاحون إلى أدوات الكشف عن الأورام الميكروسكوبية خلال جراحة السرطان، مما يزيد من خطر عودة السرطان مجددًا. ولمعالجة هذه المشكلة، حقن ديميتري لابوتكو ـ الذي يعمل حاليًّا في شركة التكنولوجيا الطبية "ماسيمو" في إرفين، كاليفورنيا ـ وزملاؤه جسيمات الذهب النانوية في فئران حاملة للورم قبل الجراحة. امتصت الخلايا السرطانية الجسيمات التي تحتوي على أجسام مضادة خاصة بالسرطان على سطحها. وبعد إزالة الورم الرئيس، سَخَّن الباحثون الجسيمات النانوية باستخدام نبضة ليزر قصيرة، مما تَسَبَّب في تشكُّل فقاعات نانوية وانفجارها في الخلايا السرطانية فحسب، وتدميرها، دون إيذاء الأنسجة الطبيعية. ونَجَمَ عن الانفجارات إشارة صوتية قابلة للكشف.

رصد الباحثون أعدادًا صغيرة من هذه الخلايا أثناء الجراحة، التي لولا تلك التقنية؛ لبقيت دون ملاحظة. وبعد الجراحة، لم تتطور أي أورام في أي حيوانات أزيلت منها بقايا السرطان، في حين أن أكثر من 80% من الفئران التي خضعت لعملية جراحية قياسية لقيت حتفها، بسبب الأورام المعاودة.

Nature Nanotech. **http://dx.doi.org/10.1038/nnano.2015.343 (2016)**

علم المواد

كهرباء مولَّدة من مياه وجرافين

وَلَّد كيميائيون كهرباء من مياه، وذلك بتمريرها من خلال مادة تحتوي على صفائح، سُمْكها ذَرّة كربون واحدة.

فقد وضع ليانجتي كو وزملاؤه ـ بمعهد بكين للتكنولوجيا ـ بِنْيَة ثلاثية الأبعاد، مصنوعة من أكسيد جرافين يحتوي على ثقوب كبيرة بما يكفي للسماح للرطوبة بالمرور عَبْرَها بِحُرِّيَّة. تفاعلت جزيئات الماء مع مجموعات تحتوي على أكسجين في أكسيد الجرافين، وتأيَّنت لتشكيل أيونات الهيدروجين. انتشرت مجموعات الأكسجين بشكل متفاوت في المواد، مع تَرَكُّز عدد أكبر في الجزء السفلي من الجزء العلوي، مما أدى إلى تدفق كبير بما فيه الكفاية لأيونات؛ لتوليد طاقة كهربائية.

احتجزت المادة بين قطبي ألومنيوم مثقبين؛ للسماح للرطوبة بالمرور من خلالهما. وأضاءت الكهرباءُ الناتجة مصباح صمام ثنائي باعث للضوء.

Energy Environ. Sci. **http://doi.org/bcg2 (2016)**

الميكانيكا الحيوية

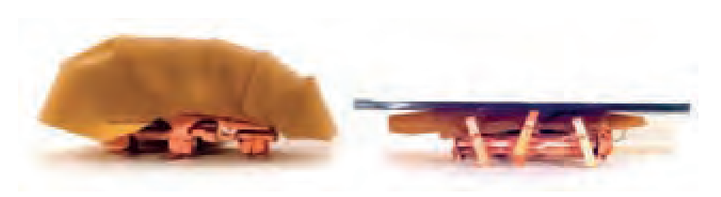
صراصير توحي بتصميم روبوت

اكتشف باحثون كيف تتمكن الصراصير من المرور بسرعة من خلال ثغرات، ارتفاعها مجرد ملِّيمترات، واستخدموا النتائج التي توصلوا إليها لبناء روبوت قابل للانضغاط.

فقد لاحظ كوشيك جايارام، وروبرت فول ـ من جامعة كاليفورنيا، بيركلي ـ الصراصير الأمريكية (*Periplaneta americana*) عندما انضغطت من خلال سلسلة من الشقوق التي تناقَص ارتفاعها. استطاعت الحشرات أن تحافظ على سرعات تصل إلى 60 سنتيمترًا في الثانية، بعد دخول هذه المناطق الضيقة، ولم تبطئ إلا عندما بلغ ارتفاع السقف 4 ملِّيمترات، أي حوالي ثلث ارتفاع الحشرات المنتصبة. وبلغت الحشرات هذه السرعة عن طريق استخدام أرجلها وأقدامها للدفع ضد الاحتكاك بين أجسادها، والسقف، والأرض.

أوحى أسلوب تنقل الصراصير بتطوير روبوت لين الجسد (**في الصورة** إلى اليسار)، يمكن أن ينضغط ارتفاعه بمقدار النصف (في الصورة على اليمين)، والسماح له بالتحرك من خلال مساحة ضيقة.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://doi.org/bch5 (2016)**



PROC. NATL ACAD. SCI. USA

علم المياه

المياه المخزَّنة تبطئ ارتفاع منسوب البحار

من المحتمل أن تكون التغيرات في تخزين المياه على الأرض قد أبطأت ارتفاع مستوى سطح البحر خلال العقد الماضي. فقد بحث جون ريجير وزملاؤه ـ بمختبر الدفع النفاث، التابع لوكالة "ناسا" في باسادينا، كاليفورنيا ـ الأحجام المتغيرة للمياه المخزنة على الأرض باستخدام بيانات عالمية من القمر الصناعي؛ لتغطية حقل الجاذبية، واختبار المناخ "GRACE" التابع لوكالة "ناسا"، الذي يحسب كتلة الماء والجليد على أساس التغيرات في حقل جاذبية الأرض. ووجد الباحثون أنه بين عامي 2002، و2014، تم تخزين 3,200 مليار طن أكثر من المياه على الأرض مما كان متوقعًا، على شكل ثلوج، ورطوبة التربة، ومياه سطحية، ومياه جوفية، وذلك بفضل تغيرات مناخية متعلقة بعلم المياه. وعوَّض ذلك ارتفاع مستوى سطح البحر، بسبب ذوبان الأنهار الجليدية، والصفائح الجليدية بنسبة 20% خلال الفترة نفسها.

تشير هذه النتائج إلى أن نسبة تخزين المياه على الأرض ـ الناجمة عن تغير المناخ ـ كبيرة بما يكفي لإدراجها في التقديرات المستقبلية لارتفاع مستوى سطح البحر، وفقًا لما ذكره الباحثون.

Science **351, 699–703 (2016)**

تصحيح

وَرَد خطأ في مقال بقسم "الافتتاحيات"، بعنوان "الاقتصاد الأزرق مشروع المستقبل"، (*Nature* **529**, 255– 256; 2016)، حيث ذُكِر رقم مبالَغ فيه بشأن كمية انبعاثات الكربون العالمية التي يتم امتصاصها واحتجازها بواسطة الكائنات الحية في المحيطات. أمّا الكمية الفعلية، فهي من 2.4% إلى 4.6%.

اختيـــار المجتمـــع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

مصطلحات مبتكَرة تصِف تخصصات العلماء

عندما نشر الباحث في مجال السرطان، ريتانكار ماجومدار، "تدوينة" عن وصف مختلف مجموعات وتخصصات الأطباء والعلماء بمصطلحات جماعية مبتكرة في الثاني من فبراير الماضي (go.nature.com/fzcnqt)، لم تكن لديه أدنى فكرة أنها ستلهم الـ"هاشتاج" #scientistherdnames. وسرعان ما هيمنَتْ مئات التغريدات على صفحات العلماء بموقع "تويتر"، وبدأ المغردون في ابتكار المزيد من المصطلحات، مثل "سحابة من علماء البيانات"، و"نواة من علماء الفيزياء". وقد انعكست هموم المختبرات في بعض التغريدات، وكتب إيرول أطاي ـ عالِم الأحياء النظرية في جامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا ـ في تغريدة له: "إنها إسهام من التنهدات الصامتة".

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/8njfmx

كيمياء

محفِّز لمياه شرب نقية

أُلقِي الضوء مؤخرًا على محفِّز فعّال، وفي متناول الجميع، قد يحسِّن فرص الحصول على مياه شرب نقية في المناطق النائية. هذا المحفِّز الفعال هو "بيروكسيد الهيدروجين"، الذي يُستخدم عادةً لمعالجة المياه وتطهيرها، لكنْ يتم تصنيعه في منشآت ضخمة بتركيزات عالية تتطلب التخفيف قبل الاستعمال. وقد قام سايمون فريكلي، وجراهام هتشينجز وزملاؤهما ـ في جامعة كارديف بالمملكة المتحدة ـ بإنتاج سلسلة من المحفِّزات؛ يمكن استخدامها لإنتاج كميات صغيرة من بيروكسيد الهيدروجين المخفَّف، مباشرةً من الهيدروجين والأكسجين.

استخدم الباحثون في نسخة سابقة من المحفِّز الخاص بهم عنصري الذهب، والبالاديوم، المدعَّمَين بكربون منشط. وفي النسخ التالية، استبدلوا الذهب بمواد أرخص، من بينها القصدير، والزنك، والنيكل، لكنها تحتفظ بالكفاءة المرتفعة نفسها للتفاعل، التي تفوق 95%، وتستخدم مواد داعمة متاحة تجاريًّا، مثل ثاني أكسيد التيتانيوم.

Science **351, 965–968 (2016)**

علم الأحياء التطوري

جين يُمَكِّن الحيوانات من تمييز الاتجاهات

يقوم جينٌ معين بتحديد الاتجاهين، اليمين واليسار، وذلك أثناء التطور الجنيني في القواقع الحلزونية والضفادع.

تبدو الحيوانات متماثلة بشكل عام، لكن عادةً ما تتموضع الأعضاء الداخلية بشكل غير متماثل. ولمعرفة كيف تحدِّد الأجنة اليمين واليسار لأول مرة على المستوى الجزيئي، قام أنجوس دافيسون وزملاؤه ـ بجامعة نوتنجهام في المملكة المتحدة ـ بمقارنة الحمض النووي للقواقع الحلزونية الخاصة بالبِرَك (*Lymnaea stagnalis*؛ **في الصورة**)، التي لها أصداف بحلزونات في اتجاه عقارب الساعة، أو عكسها. ووجد الباحثون أن بروتين الفورمين ـ وهو أحد البروتينات الهيكلية الخلوية ـ كان مرتبطًا دائمًا باتجاه الحلزون، ويتم التعبير عنه في المراحل المبكرة مِن تطوُّر القواقع؛ إذ تبدي عدم تماثل حتى في الأجنة التي لم تتعدّ الخليتين.

عالج الباحثون أجنة الضفدع (*Xenopus laevis*) بعقاقير مضادة للفورمين؛ ووجدوا أن 13% من الأجِنّة خُلق لها عضو في الجانب المعاكس من وضعه الطبيعي، مما يوحي بأن الفورمين ينسِّق هذه العملية أيضًا في الضفادع.

Curr. Biol. **http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.12.071 (2016)**






SHANNA BAKER/*HAKAI MAGAZINE*

علم البيئة

السمع يجسِّد الخوف بالنسبة إلى حيوان الراكون

مِن الممكن أن يحفِّز الخوف من الحيوانات المفترسة سلسلةً من التأثيرات المتعاقبة في نظام بيئي ما. فقد قضى البشر على معظم الحيوانات المفترِسة لحيوان الراكون (*Procyon lotor*؛ في الصورة) ـ مثل الأُسُود الأمريكية، والذئاب ـ في جُزُر خليج كولومبيا البريطانية في كندا؛ ما سمح للراكون بالتغذِّي بِحُرِّيَّة شبه تامة على كائنات الشاطئ، مثل سرطان البحر، والسمك. ولغرس الخوف في حيوانات الراكون، قام جاستن سوراسي وزملاؤه في جامعة فيكتوريا في كندا ببث أصوات كلاب على شواطئ جُزُر مختلفة لمدة شهر واحد. ووجدوا أن بحث الراكون عن الطعام انخفض بشكل كبير في هذه المواقع، مقارنةً بالمناطق التي أُذيعت فيها أصوات حيوان الفقمة. وقد أدَّى ذلك إلى زيادة أعداد بعض أنواع سرطان البحر بنسبة تصل إلى 97%، وزيادة أعداد بعض أنواع السمك بنسبة 81%. كما شُوهِد انخفاض أعداد القواقع، التي تُعَدّ فريسة أحد أنواع سرطان البحر.

يقول الباحثون إن هذا التلاعب بمشاعر الخوف يبيِّن التأثيرات المتعاقبة لفقدان حيوانات ضخمة مفترسة من النظم البيئية.

Nature Commun. **7, 10698 (2016)**

تغير المناخ

مخاطر مناخية للطاقة منخفضة الكربون

قد يزيد التحول إلى محطات الطاقة ـ التي تحتجز الكربون، وتخزِّنه ـ من استخدام المياه، وهو ما قد يؤدي إلى نقص في حوض نهر رئيس بالمملكة المتحدة في وقت مبكر من عقد الثلاثينات القادم.

تتطلب تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه "CCS" ـ التي تقلِّل من الانبعاثات ـ الكثير من المياه؛ لتبريدها، لكن من المتوقع أن يؤدي تغيُّر المناخ إلى حلول فصول صيف أكثر جفافًا في المملكة المتحدة. فقد استخدم إدوارد بايرز وزملاؤه ـ بجامعة نيوكاسل، المملكة المتحدة ـ نماذج المناخ وعلم المياه؛ لتحليل سيناريوهات، يزيد فيها إنتاج الكهرباء بنسبة 55% بحلول عام 2040، حيث تم اعتماد تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه بالكامل في حوض نهر ترينت، وهو أكبر مصدر داخلي في المملكة المتحدة من مياه التبريد؛ لتوليد الطاقة. توقَّع الفريق تَراجُع تدفق الأنهار ـ جنبًا إلى جنب ـ مع تزايد طلب قطاع الطاقة على الماء.

وقد وجد الباحثون أن من الممكن أن يقلّ الاعتماد في المستقبل على محطات الطاقة التي تعمل بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه، وذلك عندما ينخفض منسوب النهر، إلا إذا استُخدمت التقنيات الأكثر ترشيدًا في استخدام المياه.

Environ. Res. Lett. **11, 024011 (2016)**

ESTHER DE ROIJ/GARY MCDOWELL/ JEREMY GUAY, PEREGRINE CREATIVE

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الكون

المادة المفقودة ربما تتخفَّى في الفراغات

هناك نسبة من المادة الكونية المرئية، قد تصل إلى 30%، ربما تكون مختبئة في فراغات كونية هائلة، حيث تكون ضئيلة جدًّا، بحيث لا يتمكن العلماء من رصدها.

يقال إن المادة الخاصة بالكون القريب ليست موجودة، إذ فشل علماء الفلك في رؤيتها بالقدر الذي تشير إليه عمليات رصد بداية الكون. ولتعيين كيفية توزيع المادة، استخدم ماركوس حيدر وزملاؤه ـ من جامعة إنسبروك في النمسا ـ محاكاة لكيفية تطور المجرّات، وخيوط ما بين المجرّات، وهو ما نمذج سلوك كل من المادة العادية والمادة المظلمة ـ وهي مادة غير مرئية، تُرصد عن طريق قوة جاذبيتها فقط ـ في مكعب من الفضاء، يبلغ طول ضلعه 350 مليون سنة ضوئية (حوالي 107 ملايين فرسخ نجمي).

وبتحليل النموذج المعروف باسم "إلستريس" Illustris، يظهر أن طاقة الثقوب السوداء الهائلة المشعة قد ألقت بحوالي 24% من المادة العادية في فراغات خارج المجرّات، حيث تكمن 6% إضافية، لم تتجمع بعد في خيوط. ويقول الباحثون إن هذا قد يساعد على شرح جزء من المادة المفقودة.

Mon. Not. R. Astron. Soc. **457, 3024–3035 (2016)**

بيولوجيا السرطان

كيف تساعد التمارينُ على مكافحة السرطان

لُوحِظ أنّ الفئران التي تمارِس التمارين تصاب بأورام أقل من تلك التي لم تمارسها، بفضل المزيد من الخلايا المناعية المقاومة للسرطان، التي تشق طريقها إلى الأورام.

وقد ربطت دراسات في البشر بين آثار ممارسة التمارين الرياضية المنتظمة، وخَفْض خطر الإصابة بالسرطان. ولتَقَصِّي الآليات الجزيئية الضمنية، قارنت بيرنيل هوجمان وزملاؤها ـ بجامعة كوبنهاجن في الدنمارك ـ بين نمو الورم في فئران قليلة الحركة، وتلك التي تمتعت بالوصول إلى عجلة تمارين على مدى أربعة أسابيع. أصيبت الحيوانات التي ركضت بأورام أقل بنسبة 60% تقريبًا، وكانت أيضًا أصغر في الحجم. وارتبطت التمارين بزيادة في عدد نوع معين من الخلايا المناعية ـ الخلية القاتلة الطبيعية ـ التي توجد في الأورام. وأسفرت الزيادة في هرمون الأدرينالين ـ الناتجة عن التمارين ـ عن حشد هذه الخلايا.

Cell Metab. **http://doi.org/bcnk (2016)**

علوم الروبوت

روبوتات دقيقة ترقص في الضوء

تستطيع روبوتات رخوة بالغة الصغر السباحة، والدوران، والقيام بحركات معقدة أخرى؛ استجابةً للضوء.

ومِن الممكن أن تُستخدم الروبوتات الدقيقة ـ روبوتات ميكرومترية الحجم ـ ذات يوم لتوصيل الأدوية، أو لجمع البيانات داخل الجسم، لكن غالبية الروبوتات الدقيقة مصنوعة من مواد صلبة، مما يحدّ من حركاتها البسيطة ذهابًا وإيابًا، تلك الحركة التي عادةً ما تكون استجابة لقُوَى كيميائية، أو مغناطيسية. ولتطوير روبوتات دقيقة قادرة على حركات أكثر تنوعًا، صَمَّم بير فيشر وزملاؤه ـ بمعهد ماكس بلانك للأنظمة الذكية في شتوتجارت، ألمانيا ـ روبوتات ليِّنة ومرنة، باستخدام مادة بلور سائل لدنة، كانت مطاطة، وتستجيب للضوء في الوقت نفسه.

وعن طريق تمرير نطاقات من الضوء على روبوتات دقيقة على شكل أقراص وقضبان، حفّز الباحثون حركات سباحة موجية مماثلة لتلك المستخدَمة من قِبَل الكائنات الحية وحيدة الخلية. وجعلت أنماطٌ مختلفة من الضوء أيضًا الروبوتات الدقيقة قرصيّة الشكل تدور، أو تعكس اتجاه الدوران، أو تتحرك حول مسار على شكل مربع.

Nature Mater. **http://doi.org/bcjk (2016)**

علم النانو

تصنيع جزء دَوَّار نانوِيّ من الحمض النووي

أنتج باحثون جزءًا دوّارًا نانومتريّ الحجم من أجزاء ثلاثية الأبعاد من الحمض النووي. فقد صمم هندريك ديتز وزملاؤه ـ بالجامعة التقنية في ميونيخ، ألمانيا ـ أجزاء تتجمع ذاتيًّا في جزء دَوَّار، يشبه ريشة طائرة هليكوبتر **(في الصورة)**. يدور الجزء حول محور، ويثبت في مكانه بواسطة وحدتي حمض نووي إضافيّتين. ولِمَنْع الريشة من الدوران بِحُرِّيَّة، استخدم الفريق مواقع إرساء في داخل وحدات المِلْزَمَة، بحيث يثبت الجزء الدوّار في مكانه. وعندما تَغَيَّر تركيز أيون محلول المحتوي على الجزء الدوّار، تَحَرَّر الجزء الدوّار، وتَمَكَّن من الدوران، بسبب الحركة البِراونيّة.

يقول الباحثون إن هذا العمل يحاكي أيّ إنزيم يعمل وكأنه آلة دوّارة في الجسم، ويزعمون أن الآلة النانوية الخاصة بهم أكثر تعقيدًا من الناحية الهيكلية من سابقاتها.

Sci. Adv. **2, e1501209 (2016)**



الأحياء المجهرية

ميكروبات الأمعاء تحارب سوء التغذية

قد يساعد التلاعب في ميكروبات أمعاء أطفال مصابين بنقص التغذية على اكتسابهم وزنًا. هذا ما أشارت إليه ثلاث دراسات مخبرية أُجريت على فئران وخنازير.

قد يواجه الأطفال الذين يعانون من سوء التغذية صعوبة في اكتساب الوزن، حتى من خلال حِمْيات ذات قيمة غذائية عالية. وأشارت دراسات إلى أن نقص التغذية يمنع الميكروبيوم في أمعائهم من النضج. فقد زرع فريق بحثي بقيادة جيفري جوردون ـ من جامعة واشنطن في سانت لويس بولاية ميسوري ـ ميكروبات أمعاء من أطفال يعانون من سوء التغذية، ومن أطفال أصحاء من مالاوي في فئران خالية من الجراثيم؛ ووجدوا أن الفئران التي تلقَّت ميكروبات من أطفال أصحاء اكتسبت وزنًا وعضلات أكبر من الفئران التي احتوت على ميكروبيوم يعاني من سوء التغذية. وحدَّد الفريق الأنواع الميكروبية المقترنة بهذه الزيادات، وأسفر إدخال نوعين إلى أمعاء فئران لديها ميكروبيوم يعاني من سوء التغذية عن تعزيز نمو الحيوانات.

وجد مارتن شوارزر، وفرانسوا لوليير وزملاؤهما ـ بجامعة ليون، فرنسا ـ أن إعطاء فئران تعاني من سوء التغذية سلالة من بكتيريا *Lactobacillus plantarum* ساعدها على اكتساب الوزن، عن طريق إعادة إنتاج هرمون النمو. وفي دراسة ثالثة، أوضح جوردون وزملاؤه أنّ السكر في حليب الثدي يعزز النمو في فئران وخنازير صغيرة تؤوي ميكروبات من طفل يعاني من سوء التغذية.

Science **http://doi.org/bcnr (2016);** ***Science*** **351, 854–857 (2016);** ***Cell*** **http://doi.org/bcqd (2016)**

اختيـــار المجتمـــع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

كم تكرارًا يكفي...؟

عندما عثرت الطبيبة النفسية كورتيناي نوربوري ـ مصادفة هذا الأسبوع ـ على بحث منشور في دورية "ريسيرش إن ديفيلوبْمِنْتال دِسْأَبيليتيز" *Research in Developmental Disabilities*، كانت استنتاجاته مماثلة لبحث نشرته هي منذ 12 عامًا، توجهت إلى مواقع التواصل الاجتماعي بسؤال يدور في ذهنها. كتبت نوربوري ـ التي تدرس حالات الأطفال الذين يعانون من اضطرابات طيف التوحد في كلية لندن الجامعية ـ في تغريدة لها: "كم مرة ينبغي تكرار نتيجة بحث ما قبل أن يقرّ به المجال، ويقول: "حسنًا، كيف نمضي قدمًا من هنا؟"" ردت عليها دوروثي بيشوب ـ وهي متخصصة في الطب العصبي النفسي التنموي بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة، وساعدت في كتابة تقرير عن كيفية تحسين دقة البحوث الطبية الحيوية، قائلةً إن هناك مجالات قد تكون متضمَّنة في أسئلة الأبحاث نفسها، "فنقيض أزمة تكرار النتائج يتمثل في الركود. إنها مشكلة في بعض المجالات".

Res. Dev. Disabil. **http://doi.org/bctr (2016)**

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/9yaf4d

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


CYRIL RUOSO/MINDEN PICTURES/GETTY

ظهور مميَّز للملقِّحات في منبر

في السادس والعشرين من فبراير الماضي، أعلن المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات في مجال التنوع البيولوجي وخدمات النظم الإيكولوجية "IPBES" عن نتائج أوّل تقريره له، يحذر من أن التراجع المستمر في أعداد الحشرات (الظاهرة في الصورة) والحيوانات الملقِّحة يهدد الإنتاج العالمي للمحاصيل المعتمِدة على الملقِّحات؛ وتبلغ قيمة تلك الصناعة 577 مليار دولار أمريكي سنويًّا. ووفقًا للتقرير، فإن الانخفاض بسبب عوامل متعددة، منها التغير المناخي، والأمراض، واستخدام المبيدات الحشرية. وكان منبر "IPBES" قد أُسس في عام 2012، على غرار "الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ".

أعمال

إزاحة مرض شاجاس

تستعد شركة "كالو بايوز فارماسيوتيكالز" KaloBios Pharmaceuticals في سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا للحصول على حقوق حصرية لتوزيع أحد أنواع البنزنيدازول، وهو واحد من عقارين فقط، يستطيعان معالجة الطفيل المنقول بالحشرات، المسبِّب لمرض "شاجاس"، وذلك بعد أن قضت محكمة الإفلاس لصالح الشركة في السادس والعشرين من فبراير الماضي. وفي شهر ديسمبر الماضي، كان الرئيس التنفيذي للشركة آنذاك ـ مارتن شكريلي ـ قد أعلن أن الشركة ستسعِّر الدواء بالمستوى نفسه لأسعار مضادات الفيروسات المستخدمة في علاج الالتهاب الكبدي الوبائي "سي"، التي تصل إلى مائة ألف دولار أمريكي للعلاج الواحد.

رائد الخلايا الجذعية

أعلَن عالِم أحياء الخلايا الجذعية روبرت لانزا ـ في الثاني والعشرين من فبراير الماضي ـ أنه سيرأس إدارة الطب التجديدي لشركة "أستيلاس فارما" Astellas Pharma، ومقرها في طوكيو باليابان، التي استحوذت على شركته "أوكاتا ثيرابيوتيكس" Ocata Therapeutics في أوائل فبراير الماضي. يشغل لانزا منصب المسؤول العلمي الرئيس بشركة "أوكاتا" الواقعة في مارلبورو بولاية ماساتشوستس، وهي الشركة التي ظلت رائدة في تطوير علاجات الخلايا الجذعية، بالرغم من المشكلات المالية والتغييرات الإدارية التي وقعت على مدار الخمسة عشر عامًا الأخيرة (انظر: *Nature* **481**, 130-133; 2012). هذا.. وتُجْري شركة "أوكاتا" تجارب إكلينيكية؛ لاختبار تأثير خلايا القرنية الجذعية على أمراض فقدان البصر. ويقول لانزا إنّ هذه التجارب ـ وغيرها ـ مستمرة تحت مظلة شركة "أستيلاس".

عَرْض ChemChina

عرضت شركة الكيماويات الوطنية الصينية "كيم تشاينا" ChemChina ثلاثة وأربعين مليار دولار أمريكي؛ لشراء شركة الكيماويات الزراعية "سِينْجنتا" Syngenta، في صفقة قد تغيِّر ملامح تلك الصناعة. وقد سعت الشركة المنافِسة لشركة "سينجنتا"، وهي "مونسانتو"، إلى شرائها خلال العام الماضي. ويقع المقر الرئيس لشركة "سينجنتا" في بازل بسويسرا، وهي متخصصة في مجال البذور الزراعية، ومبيدات الآفات الزراعية، إلا أنه في الثالث من فبراير الماضي، أعلنت "سيجنتا" أنها قبلت عرضًا من "كيم تشاينا" في بكين. هذا.. ويجب الحصول على موافقة الجهات التنظيمية أولًا، قبل إتمام الصفقة.

أحداث

دعوى الزلزال

أقامت المجموعة البيئية الأمريكية "سيرا كلوب" Sierra Club، الواقعة في كاليفورنيا ـ بالتعاون مع مكتب المحاماة "بابليك جاستس" ـ دعوى قضائية ضد ثلاث شركات للطاقة، وذلك في السادس عشر من فبراير الماضي، بهدف وضع قيود على عمليات حَقْن مياه الصرف، الناتجة عن التكسير الهيدروليكي والأنشطة النفطية في أوكلاهوما. كان السبب الأساسي وراء الدعوى القضائية هو ما رصدته المجموعة من حدوث ارتفاع حاد في النشاط الزلزالي، وذلك بعد ثلاثة أيام من الزلزال الذي ضرب الولاية بقوة 5.1 درجة. وتجدر الإشارة إلى وقوع تسعمائة وسبعة زلازل بقوة 3 درجات ـ أو أكثر ـ في عام 2015، مقارنة بمئة وتسعة في عام 2013. لذا.. ربط العلماء بين زيادة النشاط الزلزالي، وعمليات حَقْن مياه الصرف، التي هي أحد النواتج الثانوية لأعمال التكسير الهيدروليكي.

استقطاعات كوبنهاجن

أجرت الحكومة الدنماركية استقطاعات في الميزانية، دفعت جامعةَ كوبنهاجن إلى تخفيض أعداد العاملين بها. ووفقًا للبيان الصحفي الذي أصدرته الجامعة في الرابع من فبراير الماضي، فإن أكثر من 500 موظف ـ ربعهم من الباحثين ـ سيفقدون وظائفهم. ويبلغ عدد المُخَيَّرين في تقديم استقالاتهم والمُنْهَاة عقودهم 323 موظفًا، بالإضافة إلى 209 موظفين، يُتوقع أن يتم تسريحهم. وستخفِّض الجامعة أيضًا تعيينات حملة الدكتوراة بنسبة 10%. إنّ الاستغناء عن بعض الوظائف يأتي بسبب الاستقطاعات التي ستجريها الحكومة الدانماركية في ميزانية الأبحاث، التي تُقَدَّر بـ1.4 مليار كرونة دنماركية (210 ملايين دولار أمريكي) في أكتوبر.

جوائز

أعمال تحصد جائزة

تَقَاسَم ثلاثة علماء بريطانيين متخصصين في علم الأعصاب جائزة "برين" لهذا العام؛ لأعمالهم المتعلقة باكتشاف كيفية تكوين الذكريات في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المخ، وفَقْدها. فعلى مدار الأربعة عقود الماضية، وباستخدام أساليب مختلفة، استطاع كل من تيموثي بليس ـ وهو عالِم زائر بمعهد فرانسيس كريك في لندن ـ وريتشارد موريس ـ بجامعة إدنبرة بالمملكة المتحدة ـ وجراهام كولينجريدج ـ بجامعة بريستول بالمملكة المتحدة ـ تفسير كيف تشكِّل الآلية التي يستخدمها المخ ـ المعروفة باسم التعزيز طويل الأمد ـ أساس القدرة على التعلم والتذكر، عن طريق تقوية الوصلات بين خلايا عصبية معينة. وقد مُنحت الجائزة ـ البالغة مليون يورو (ما يعادل 1.1 مليون دولار أمريكي) ـ في الأول من مارس الماضي، من قِبَل "مؤسسة جريت لاندبيك الأوروبية لأبحاث الدماغ في الدنمارك".

منشآت

لاقِط موجات الجاذبية

وافق مجلس الوزراء الهندي ـ في السابع عشر من فبراير الماضي ـ على مخطط لإنشاء لاقِط لموجات الجاذبية. هذا اللاقِط، المسمَّى "لايجو إنديا" LIGO-India، سيكون نسخة من جهازَي "لايجو" ـ مرصد مقياس التداخل الليزري لموجات الجاذبية ـ الموجودَين في الولايات المتحدة الأمريكية، اللذين أعلنا في فبراير الماضي أول التقاط مباشر لهذه الموجات المنشودة في الزمن الفضائي. ومن شأن وجود مرصد ثالث في الجانب الآخر من الكرة الأرضية أن يساعد الفيزيائيين على تحديد مصادر موجات الجاذبية. ولم يتم تحديد موقع هذا المشروع بعد، البالغة تكلفته 12.6 مليار روبية (ما يعادل 183 مليون دولار). وقد يدخل الخدمة بحلول عام 2023.



AREND KUESTER/CC BY-NC 2.0

شخصيات

فيجيريس تودِّع عملها

ستترك كريستيانا فيجيريس **(في الصورة)** منصبها، بعد انقضاء فترة الستة أعوام في قيادة اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ. لقد كان لهذه الدبلوماسية الكوستاريكية دور أساسي في مفاوضات المناخ الدولية، التي تُوِّجَت باتفاقية خفْض الانبعاثات البارزة، التي تم التوصل إليها في مباحثات المناخ، التي انعقدت في باريس في ديسمبر الماضي. وسوف يتولى خليفة فيجيريس ـ الذي لم يحن الوقت بعد لتسميته ـ مسؤولية الإشراف على تنفيذ الاتفاقية، التي سوف تناقَش تفاصيلها في مؤتمر الأمم المتحدة للأطراف، المقرَّر عَقْده في المغرب في شهر نوفمبر المقبل.

أبحاث

زيادة المقاومة

تستمر البكتيريا التي تعيش في البشر والحيوانات في جميع أنحاء أوروبا في إظهار مقاومة شديدة للعلاجات الشائعة المضادة للميكروبات. فقد ذكر كل من "المركز الأوروبي لمكافحة الأمراض والوقاية منها"، و"هيئة معايير الأغذية الأوروبية" ـ في تقرير مشترك، صدر في الحادي عشر من فبراير الماضي ـ أن مستويات المقاومة التي تتراوح بين "مرتفعة، وشديدة الارتفاع" ـ التي تظهرها البكتيريا ضد أدوية عديدة ـ شوهدت في بعض أنواع بكتيريا *Salmonella* في عام 2014. شوهدت أيضًا المقاومة، التي من شأنها أن تضعِف من تأثير العلاجات الفعّالة "بشكل كبير" في بعض أنواع بكتيريا *Campylobacter*. كما اكتُشِف إظهار *Salmonella*، و*Escherichia coli* المقاومة ضد الكوليستين في الدجاج، وهو واحد من مجموعة من المضادات الحيوية، المسماه بالملاذ الأخير.

قوانين التدخين

ذكر تقرير صَدَر في الرابع من فبراير الماضي (K. Frazer *et al*. *Cochrane Database Syst. Rev.* **1**, CD005992; 2016) أنّ حظر التدخين في مختلف دول العالم قد أسهَم بشكل ملحوظ في تحسين صحة غير المدخنين. فقد قيَّمت مجموعةٌ من علماءِ تصنيف الأحياء ـ تُعرف بـ"كوكرين كولابوريشن" Cochrane Collaboration ـ أبحاثًا من واحد وعشرين دولة؛ ووجدت تحسُّنًا في الصحة القلبية الوعائية، وانخفاضًا في حالات الوفيات الناتجة عن الأمراض المرتبطة بالتدخين، وذلك منذ الحظر الوطني الأول في أيرلندا في عام 2004، إلا أن التأثيرات على الجهاز التنفسي كانت "أقل ارتباطًا". يقول الباحثون من فريق "كوكرين كولابوريشن" إنه من إجمالي سبع وسبعين دراسة قيَّموها، وجدوا أن ما توصلوا إليه يعضِّد ما تم التوصل إليه في مراجعة سابقة في عام 2010.

تمويل

دعم تمويل "زيكا"

أعلن البيت الأبيض ـ في الثامن من فبراير الماضي ـ أن الرئيس الأمريكي باراك أوباما طلب تمويلًا طارئًا قدره 1.8 مليار دولار؛ لمكافحة فيروس "زيكا". قد يكون الفيروس الذي ينتقل عبر البعوض مرتبطًا بحالات تشوهات الأدمغة، أو صغر حجم الرأس في الأطفال حديثي الولادة، وقد وُجدت غالبية الإصابات في بلدان أمريكا الجنوبية. وأعلنت منظمة الصحة العالمية حالة طوارئ صحية عالمية، بسبب ارتفاع أعداد المواليد المصابين بصغر حجم الرأس. ومقترَح الرئيس هو جزء من طلب الموازنة الأمريكية، الذي قَدَّمه في التاسع من فبراير الماضي، حيث سيقوم بمَنْح وزارة الصحة والخدمات الإنسانية حوالي 1.5 مليار دولار أمريكي، منها 828 مليون دولار للمراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها؛ لدراسة الفيروس، وحوالي 200 مليون دولار من أجل تطوير لقاح ضد الفيروس. وستحصل الهيئة الأمريكية للتنمية الدولية على 335 مليون دولار أمريكي.

سياسات

طاقة مصادر متجددة

ارتفعت نسبة الطاقة المولدة من المصادر المتجددة في دول الاتحاد الأوروبي إلى 16% في عام 2014، بعد أن كانت 15% في عام 2013، وذلك وفقًا للأرقام التي أصدرها مكتب الإحصاءات ـ التابع للاتحاد الأوروبي "يوروستات" Eurostat ـ في العاشر من فبراير الماضي. يهدف الاتحاد الأوروبي ككل إلى توفير 20% من طاقته من المصادر المتجددة بحلول عام 2020، وذلك مع اختلاف الأعباء التي تعانيها كل دولة على حدة. ففي عام 2014، حققت فنلندا أكبر زيادة في إنتاج الطاقة المتجددة، بمقدار 2%، بينما تراجعت بلغاريا بمقدار 1%، على الرغم من أن الدولتين ما زالتا على الطريق الصحيح؛ لتحقيق أهدافهما بحلول عام 2020.

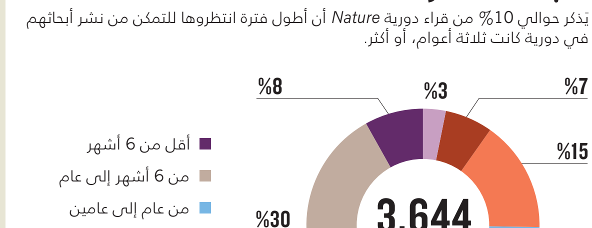
مراقبة الاتجاهات

أظهر استبيان على الإنترنت، أجاب عليه 3,600 من قراء دورية *Nature*، أن حوالي 10% انتظروا على الأقل ثلاث سنوات، قبل أن يتمكنوا من نشر بحث أو أكثر في دورية علمية (انظر: *Nature* **530**, 148- 151; 2016)، في حين لم ينتظر أكثر من ثلث المشاركين في الاستبيان لفترة تزيد على عام، حتى استطاعوا نشر أبحاثهم. سُئِلَ القراء أيضًا عن أفضل الطرق التي يرونها للإسراع من عملية النشر. اقترح أكثر من 40% منهم توقُّف المراجعين الأقران عن طلب مراجعات غير ضرورية، وطلب 22% منهم من محرِّري الدوريات اتخاذ القرارات على نحو أكثر سرعة ووضوحًا.

SOURCE: *NATURE*

لعبة الانتظار

يَذكر حوالي 10% من قراء دورية *Nature* أن أطول فترة انتظروها للتمكن من نشر أبحاثهم في دورية كانت ثلاثة أعوام، أو أكثر.



سؤال الاستبيان: ما هي أطول مدة انتظرتها لنشر ورقة بحثية؟

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أخبـــار في دائرة الضوء

WILLIAM DANIELS/PANOS

كان نبات الشِّيح الحولي ***Artemisia annua*** ـ الذي يظهر حصاده في الصورة من تنزانيا ـ هو المصدر الوحيد للأرتيميسينين، قبل أن يَخترع علماءُ الكيمياء الحيوية الطريقة الصناعية.

صحة عامة

دواء الملاريا الصناعي يواجه مقاوَمةَ السوق

التطبيق الأول تجاريًّا للتصنيع الحيوي للأدوية الطبية ذو تأثير متواضع.

مارك بيبلو

عندما بدأت شركة الصناعات الدوائية الضخمة «سانوفي» Sanofi ـ ومقرها باريس ـ في بيع دواء للملاريا مُصَنَّع بواسطة الخميرة المعدَّلة وراثيًّا في عام 2014، كان ذلك بمثابة انتصار للتصنيع الحيوي، حيث كانت الخميرة قد خضعت للتخمير في أوعية لإنتاج مواد كيميائية، تمكَّنت «سانوفي» فيما بعد من تحويلها إلى أرتيميسينين، حيث يُستخدم بدوره لصناعة العلاج الرئيس للملاريا، الذي يُطلق عليه «التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين» ACTs؛ وقد طمح الكثيرون في أن توفر هذه الخطوة مصدرًا رخيصًا ومتوفرًا لدواء يقضي على مرض يحصد أرواح نصف مليون شخص تقريبًا حول العالم سنويًّا.

ورغم ذلك.. لم تُقْدِم شركة سانوفي على إنتاج «أرتيميسينين شبه صناعي» SSA إطلاقًا خلال عام 2015، حسب معلوماتنا في دورية *Nature*، بل إن الشركة حاليًّا تعمل على بيع موقعها الصناعي في جاريسيو بإيطاليا، حيث كان يُنتج الأرتيميسينين شبه الصناعي.

بهذا.. تتحول تقنية الصناعة الدوائية المحتفَى بها ـ التي طُوِّرت بدعم مقداره 64 مليون دولار أمريكي من مؤسسة «بيل وميليندا جيتس» ـ إلى تقنية عاطلة عن العمل، ليعرض ذلك الموقف نموذجًا لما آلَت إليه شبكة القوى الاقتصادية المؤثِّرة في سوق صناعة أدوية الملاريا. «إن هذا يمثل نموذجًا مثاليًا لمدى الصعوبة في إدخال عمليات تصنيعية جديدة بمدى أوسع في ظل البيئات المعقدة للأطراف الفاعلة في السوق»، حسب قول براشانت ياداف، الباحث في سياسات الصحة في معهد ويليام ديفيدسون بجامعة متشيجان في آن أربور، الذي يعمل على دراسة سوق التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين.

كان المصدر الوحيد للأرتيميسنين قبل ظهور الأرتيميسينين شبه الصناعي هو نبات الشِّيح الحولي *Artemisia annua*، وهو الاكتشاف الذي أدَّى إلى فوز العالمة الصينية يويو تو بجائزة «نوبل» للفسيولوجيا أو الطب ـ بالمشاركة مع ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


FREDERIC J. BROWN/GETTY

حبوب التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين ـ التي تظهر هنا في الصين ـ هي علاج أساسي للملاريا.

آخرين ـ لعام 2015؛ إلا أن الإمداد الزراعي لم يكن منتظمًا. ومع ندرة النبات، فقد ارتفعت الأسعار، وهو ما دفع المزيد من المزارعين لزراعة النبات، حيث سرعان ما أغرقت محاصيلهم الأسواق؛ لتنخفض الأسعار من جديد، وتثير موجة أخرى من حالات النقص الجديدة (انظر: « هل سوق الأرتيمينيسين ثابت؟»).

هل هو منتج تكميلي، أم بديل منقِذ؟

حمل درب الصناعة الحيوية وعودًا بإنهاء ذلك التأرجح صعودًا وهبوطًا، عبر تأمين مورد ثابت وحقيقي للأرتيمسنين، حيث طوَّرت شركة «سانوفي» القدرة على إنتاج حوالي 60 طنًّا من المركَّب الكيميائي سنويًّا، وهو ما يعادل ثلث الحاجة العالمية، وطمحت الشركة أن تمِدّ مصنعي التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين الآخرين بالمواد الخام.

يقول ياداف: «في الواقع.. لم يحدث ذلك»، فحتى الآن استخدمت شركة «سانوفي» الأرتيمينيسين شبه الصناعي الخاص بها لصناعة أكثر من 39 مليون علاج من تركيباتها العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين، التي تمثل 10% من الحاجة العالمية إلى الأرتيمينيسين، وذلك دون أن تبيع المركَّب الكيميائي لمصنعي دواء آخرين.

يعود ذلك جزئيًّا إلى وفرة الأرتيمينيسين الزراعي.. فخلال العامين الماضيين، تم بيع المنتج الكيميائي بأقل من 250 دولارًا أمريكيًّا للكيلوجرام، وهو أدنى من الهامش الذي وضعته «سانوفي» لتحقيق مستوى يُسمى «لا ربح، ولا خسارة»، يبلغ 300 ـ 400 دولار لكل كيلوجرام. «وإذا كان السعر منخفضًا جدًّا أصلًا مع وجود محصول وفير، فلا يوجد داعٍ لتشغيل وعاء التخمير»، حسب قول جاي كيسلنج من جامعة كاليفورنيا في بيركلي، الذي قاد الفريق الذي طوَّر سلالة الخميرة لأول مرة. ورغم ذلك.. فمصنِّعو التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين ـ مثل شركة «جيلين فارما» الصينية Guilin Pharma، وشركة «سيبلا» الهندية Cipla، على سبيل المثال ـ يعارضون شراء مكونات الدواء من شركة «سانوفي»، حسب قول ياداف، لأن الشركة منافِس مباشر في سوق التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين.

ولم تجد «سانوفي» حتى الآن أنه من المُجْدِي زيادة إنتاجها من تركيبات الأرتيمينيسين، لأن الطلب قد استقر؛ ويعود ذلك جزئيًّا إلى الجهود المبذولة في تشخيص الملاريا، قبل توزيع الدواء، حيث كان يتناول أدوية الملاريا عادةً أشخاصٌ يعانون من حُمَّى، لكنهم غير مصابين بالملاريا في الواقع. وبفضل طرق التشخيص الأكثر دقة؛ أمكن خفْض استهلاك الدواء. ويعتمد احتمال ارتفاع الطلب مجددًا من عدمه على الجهود الدولية للسيطرة على الملاريا في المستقبل، وعلى كمية التمويل المتوفرة لشراء تركيبات الأرتيمينيسين.

وبحلول يوليو القادم، ستكون «سانوفي» قد أتمَّت بيع مصنع «جاريسيو» لشركة «هوفي فارما» البلغارية Huvepharma، وهي شركة تصنع بالتعاقد، مسؤولة عن تخمير الخميرة المعدلة في الأوعية؛ لتصنيع حمض الأرتيمينيسينيك، وهو المادة الأولية لصناعة الأرتيمينيسين لشركة «سانوفي». كما أن نيكولا دي ريزي مدير شركة «هوفي فارما» في روما ـ الذي سيترأس قسم الشركة في إيطاليا ـ يطمح في أن يسيطر على كل عمليات إنتاج الأرتيمينيسين شبه الصناعي (من الخميرة، حتى المنتج النهائي)، بحيث تتمكن الشركة حينها من خفض التكلفة، وكذلك بيعه لمصنِّعين آخرين للتركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين، لكن «هوفي فارما» ستتحول إلى استخدام الأرتيمينيسين المستخرَج من النباتات، إذا لم تتمكن من جعل الأرتيمينيسين شبه الصناعي منافسًا له من حيث التكلفة، حسب قول دي ريزي.

ترى منظمة PATH ـ وهي منظمة صحة عالمية، يقع مقرها في سياتل بواشنطن، وقد أسهمت في تطوير الأرتيمينيسين شبه الصناعي ـ أن المشروع لا يزال ناجحًا، حيث صرحت قائلة: «منذ دخول الأرتيميسينين شبه الصناعي إلى السوق، لاحظنا ثباتًا أفضل في الأسعار، وتوفُّر مورد ملائم من الأرتيميسينين». وفي هذا الصدد، يقول ياداف: «إن هذه نقطة تُحسَب للأرتيميسينين شبه الصناعي، لكونه أسهَم في ثبات الأسعار». ويضيف قائلًا إن السبب الأساسي في ثبات الأسعار، هو ثبات الطلب على التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين، وعقود الشراء طويلة الأمد مع مصنِّعيها، التي أبرمها الصندوق العالمي لمكافحة الإيدز، والسل، والملاريا.

تقول منظمة PATH، وكذلك كيسلنج، إن الأرتيميسينين شبه الصناعي كان من المفترَض دومًا أن يكون موردًا متممًا لملء الثغرات في الإنتاج الزراعي، أو للتكيف مع تقلبات الطلب عليه، إلا أن كلير ماريس ـ عالمة العلوم الاجتماعية من جامعة سيتي يونيفيرسيتي بلندن، التي سبق أن عملت في مركز التصنيع الحيوي والابتكار في إمبريال كوليدج بلندن ـ تقول إن الأرتيميسينين شبه الصناعي ـ حسب خبرتها السابقة ـ غالبًا ما يوصف من قِبَل العاملين في مجاله بأنه بديل منخفض التكلفة وذو كمية كبيرة للأرتيميسينين الزراعي، وتضيف: «لطالما تحدثوا عنه». والآن، تشعر ماريس بالقلق حيال التوقعات غير الواقعية لِمَا حققه الأرتيميسينين شبه الصناعي، التي من الممكن أن تدمر ثقة الجمهور في التصنيع الحيوي.

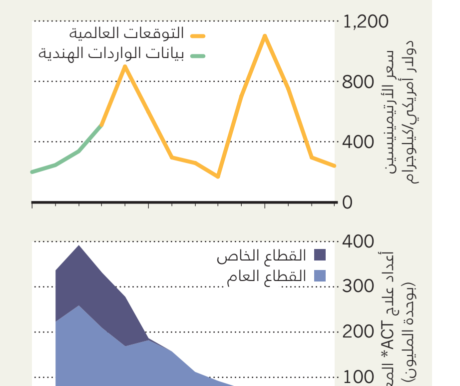
وعندما قدَّمت مؤسسة «جيتس» المنحة لأول مرة لمشروع الأرتيميسينين شبه الصناعي في عام 2004، كانت تهدف بوضوح إلى خفض تكلفة كل علاج بالتركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين من 2.40 دولار إلى «أقل من دولار بكثير»؛ لكن السعر المتوسط لتركيبات الأرتيمينيسين في شركة «سانوفي» تَراجَع إلى 0.92 دولار لعلاج الشخص البالغ في عام 2012، وذلك حتى قبل البدء في تصنيع الأرتيميسينين شبه الصناعي بوقت طويل، ولم يتغير السعر إلا قليلًا منذ ذلك الحين.

يعتقد دي ريزي أن إنتاج الأرتيميسينين شبه الصناعي سيُستأنَف لاحقًا هذا العام؛ وبالتالي ستتمكن شركة «سانوفي» من إنتاج تركيبات علاجية محتوية على الأرتيمينيسين خاصة بها. يقول ياداف: «أعتقد أن هذا جيد من أجل الأرتيميسينين الصناعي»، ويشير أيضًا إلى أن منتجي تركيبات الأرتيمينيسين الآخرين سيرحِّبون أكثر بشراء الأرتيميسينين من شركة «هوفي فارما»، لأنها ليست شركة منتِجة لتركيبات الأرتيميسينين، وبالتالي ليست منافِسًا مباشرًا لهم.

في الوقت الحالي، تخطِّط شركة «جيلين فارما» وشركة «سيبلا» لتطوير الأرتيميسينين شبه الصناعي مِن قِبَلهما. ويأمل كيسلنج في أن يجعل العملُ على المزيد من الأبحاث والتطوير العمليةَ التصنيعية أقلَّ تكلفة على المدى الطويل. ويقول في هذا الصدد: «أتمنى أن يسود الأرتيميسينين شبه الصناعي، ويحتل الصدارة. وأعتقد أن ذلك سوف يتحقق في يوم ما، ولكننا لا بد أن نكون صبورين». ■

هل سوق الأرتيمينيسين ثابت؟

بعد عقد من عدم ثبات سعر دواء الملاريا، وهو الأرتيمينيسين، تراجع سعره، وتوقف الطلب عن الارتفاع.



*التركيبات العلاجية المحتوية على الأرتيمينيسين

SOURCE: WHO WORLD MALARIA REPORT 2015/A2S2/WILLIAM DAVIDSON

تصحيح

وَرَدَتْ خريطةٌ في موضوع «الشك يحيط بالازدياد المفاجئ لحالات صغر الرأس عند الأطفال»، المنشور بقسم «أخبار في دائرة الضوء» في عدد مارس الماضي (*Nature* **530**, 13–14; 2016)، تم التبديل بين عنصرَي مفتاحها عن طريق الخطأ. ويمكن الاطلاع على الخريطة الصحيحة من خلال: go.nature. com/ekmksk.
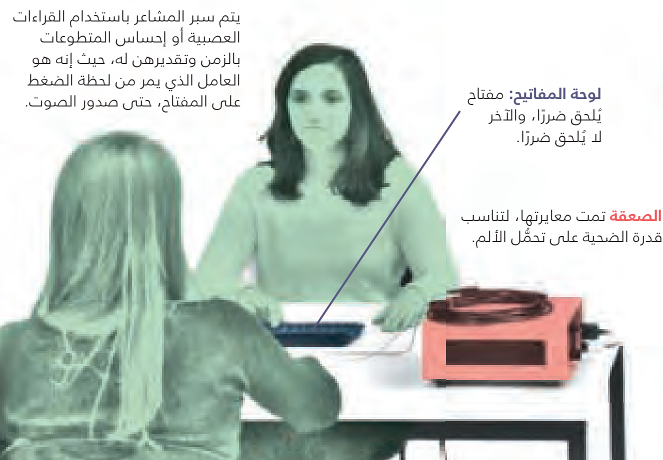
وَرَدَ في موضوع "نجاح باهر للمراكز البحثية الألمانية" ـ المنشور بقسم "أخبار في دائرة الضوء" في عدد مارس الماضي (*Nature* **530**, 18–19; 2016) ـ تحويل مبلغ 4.6 مليار يورو إلى نظيره بالدولار الأمريكي، حيث ذُكر عن طريق الخطأ أنه يعادل 5 ملايين دولار، بدلًا من 5 مليارات.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تجارب ميلجرام مستحدثة كليًا

نسخة حديثة من تجارب ستانلي ميلجرام حول الانصياع للسلطة، تتجنّب الوقوع في المأزق الأخلاقي الذي وقعت فيه الدراسات القديمة في الستينات.





علم نفس

كيــف يتعــامــل الدمــاغ مع الأوامــر

تحريف حديث لتجارب ميلجرام الأيقونية، يشير إلى أنّ مطيعي الأوامر يشعرون بمسؤولية أقل تجاه تصرفاتهم.

أليسون أبوت

بعد مضي أكثر من خمسين عامًا على ما أعلنه عالِم النفس المثير للجدل، الذي صدم العالَم بدراسات تكشف رغبة الناس في إيذاء الآخرين إذا تَلَقَّوا الأوامر بذلك، نفّذ فريق من علماء الإدراك نسخة مستحدثة من تجارب ميلجرام الأيقونيّة تلك. ومن شأن النتائج أن تقدِّم بعض التفسير لاكتشافات ستانلي ميلجرام المزعجة. يقول الفريق إنّه عند اتّباع الأوامر يشعر الناس حقًّا بمسؤوليّة أقلّ تجاه تصرفاتهم، سواء طُلب منهم القيام بأعمال خبيثة، أم أعمال حميدة.

من جانبه، يقول المختصّ في علم الأعصاب الأخلاقي، والْتر سينوت أرمسترونج، من جامعة ديوك في دورهام بولاية نورث كارولانيا، الذي لم يشارك في العمل: «إذا استطاع آخرون إعادة إنتاج هذه النتائج؛ فسيبعث إلينا ذلك رسالة مهمة.. وقد يكون بداية للتعمق في فهم الأسباب التي تدفع الناس إلى إيذاء الآخرين، إذا أُجبروا على ذلك؛ لأنّهم لا يرون أن ما يقومون به من أفعال هو مِن صُنْعهم هم».

قد تضيف هذه الدراسة إلى النِّقاش القانوني الدائر منذ زمن حول توازن المسؤوليّة الشخصيّة بين شخص يتصرّف بموجب تعليمات يتلقّاها، وبين مُصْدِر تلك التعليمات؛ كما يقول باتريك هاجارد، المتخصّص في علم الأعصاب الإدراكي بكلية لندن الجامعية، الذي قاد العمل المنشور في يوم 18 من شهر فبراير الماضي (E. A. Caspar *et al.* *Curr. Biol.* http://doi.org/bcnj; 2016).

كان الدافع وراء عمل ميلجرام في الستينات هو محاكمة أدولف آيشمان، النازي الذي دافع عن نفسه بحجة أنه «كان يطيع الأوامر فحسب»، عندما دفع اليهود إلى حتفهم. وهنا، يؤكد هاجارد أن النتائج الأخيرة لا تشرِّع الأفعال الضارّة، بل تشير إلى أن عذر «طاعة الأوامر» ينمّ عن حقيقة تتعلّق بشعور الإنسان عندما يتصرف طاعةً لأمر ما.

قام ميلجرام بإخبار المشاركين في تجاربه بأنّ شخصًا قد أُقتيد لتعلّم كلمات في غرفة مجاورة، وكان على المشاركين الضغط على زرّ؛ لتوجيه صعقة كهربائيّة بقوّة متصاعدة لهذا المتعلّم، إذا أخطأ. وعند ضَغْطهم على الزر، كانوا يسمعون صيحاته وهو يتألم. في الحقيقة، كان المتعلِّم مجرد ممثل، ولم يتعرض للصعق. فقد كانت غاية ميلجرام أن يرى إلى أيّ مدى يمكن أنْ يذهب الأشخاصُ حين يُؤْمَرون بزيادة الجهد الكهربائي.

المثير للدهشة أن ثلثي المشاركين واصلوا تصعيد الصعقات بصورة روتينية، حتى بعد أنْ بدا لهم أن المتعلم قد فقد الوعي؛ إلا أن ميلجرام لم يكن ليقيس المشاعر غير الموضوعية للمشاركين أثناء إكراههم على فعل شيء بغيض. وقد تعرّضت تجاربه للنقد، لِمَا اشتملت عليه من تضليل؛ ليس فقط لاحتمال تعرُّض المشاركين للأذى النفسي من جرّاء إيذاء شخص ما، لكن أيضًا لأن منهم مَن يكون قد استشفّ أن الألم ليس حقيقيًّا.

ومن ثم، قامت فِرَق بحثية حديثة بإعادة عمل ميلجرام عدة مرات، لكنْ بشكل جزئي، وأقل تعقيدًا من الناحية الأخلاقية؛ حيث أراد هاجارد وزملاؤه معرفة حقيقة شعور المشاركين؛ فقاموا بتصميم دراسة، يقوم المتطوعون فيها ـ عن دراية ـ بإلحاق ألم حقيقي ببعضهم البعض، وهم واعون تمامًا بأهداف التجربة.

يقول هاجارد إنه تردَّد كثيرًا في البداية قبل أن يقرِّر القيام بالدراسة، إذ إن تجارب ميلجرام كانت مثيرة جدًّا للجدل، لكنه يقول إن السؤال حول مَن يتحمل المسؤولية الشخصية بدا له من الأهمية بمكان، حتى رأى أن الأمر «يستحق محاولة القيام ببعض التجارب؛ للوصول إلى لُبّ المسألة».

مُنحت المتطوِّعات في تجارب هاجارد (وجميعهن من الإناث، كما هو شأن المختبِرات أيضًا، تجنّبًا لتأثيرات اختلافات الجنس) 20 جنيهًا استرلينيًّا (ما يعادل 29 دولارًا أمريكيًّا). جلست المشارِكات في مجموعات، كل مجموعة مكونة من اثنتين، الواحدة قبالة الأخرى، تفصلهما طاولة، عليها لوحة مفاتيح (انظر: «تجارب ميلجرام مستحدثة كليًّا»). تقوم إحدى المشارِكتَين ـ التي أُطلق عليها اسم «عميلة» ـ بالضغط على أحد المفتاحين، بينما لا تفعل الثانية شيئًا. وفي بعض المجموعات، يَنقِل المفتاح الآخر خمسة بنسات من المشارِكة الأخرى، أو «الضحيّة»، إلى العميلة، بينما في مجموعات أخرى، يقوم المفتاح كذلك بتوجيه صعقة كهربائية لذراع الضحية (تمت معايرة الصعقة؛ لتناسِب المشارِكات، بحيث تكون مؤلمة، لكنْ محتمَلة). وفي إحدى التجارب تقف المختبِرة إلى جانب العميلة وتلقِّنها أيّ مفتاح تضغط؛ بينما في تجربة أخرى، تستدير المختبِرة وتنظر بعيدًا؛ لتمنح العميلة فرصة الاختيار الحر للضغط على أيّ من المفتاحين.

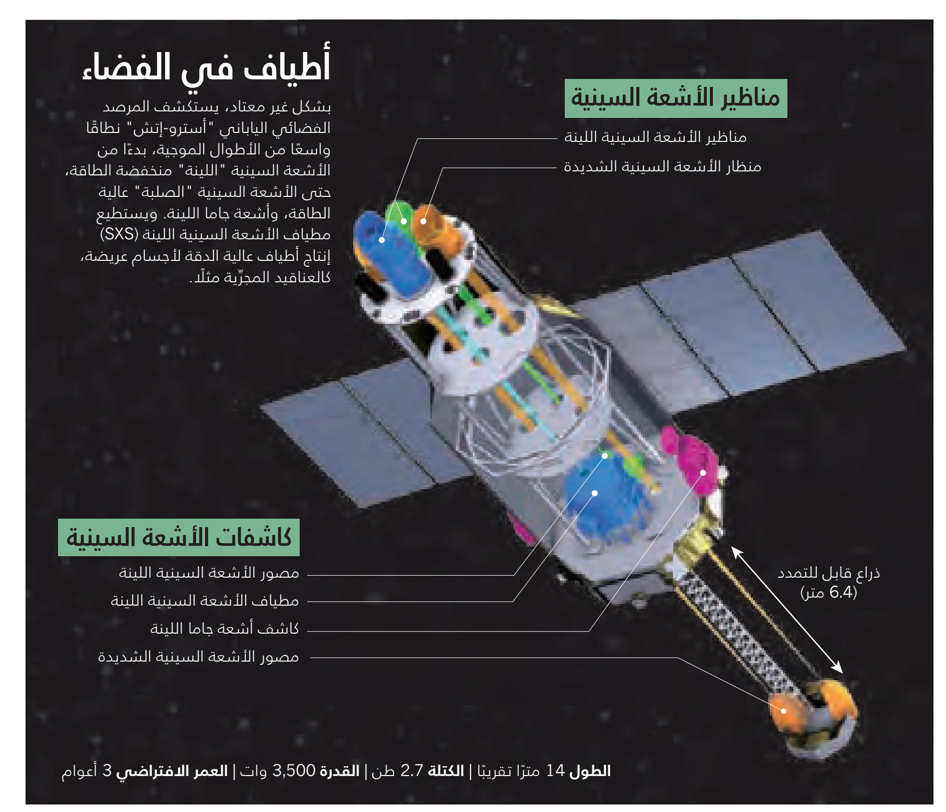
وأيًّا كان المفتاح الذي يقع عليه الاختيار، ينبعث صوت بعد بضع مئات من الملِّي ثانية، وطُلب من المتطوعتين تقدير الزمن الذي استغرقه الأمر. يقول علماء النفس إنّ الناس يقدِّرون الزمن الفاصل بين الفعل ونتيجته في حال قيامهم بالعمل وفق إرادتهم الحرّة ـ كحركة الذراع مثلًا ـ بأقل مما يشعرون به عندما يكون الفعل سلبيًّا، أي أن يُحرِّك ذراعهم شخصٌ آخر. وبالتالي، فإن الوقت الذي تظن المشارِكة أنه انقضى ما بين الضغط على المفتاح والصوت الذي تسمعه يُعَدّ بمثابة مقياس لإحساس بالمسؤولية تجاه الفعل الذي قامت به.

وعندما أُمرت المشارِكات بالضغط على المفتاح، قَدَّرْن الزمن الذي مر حتى صدور الصوت بأطول ممّا لو كان لديهن حرية الاختيار، كما لو كان فعلهن سلبيًّا.

وفي تجربة منفصلة، تتبّعت المتطوعات بروتوكولات مماثلة، بينما قامت أقطاب كهربائية موضوعة على رؤوسهن بتسجيل نشاطهن العصبي، من خلال إجراء رسم كهربي للمخ (EEG). وعندما أُمرن بالضغط على أحد المفاتيح، بدا رسم المخ أهدأ بعض الشيء، ما يشير ـ حسب قول هاجارد ـ إلى أن أدمغتهن لم تقم بمعالجة مخرجات الفعل. وقال البعض منهن لاحقًا إنهن شعرن بمسؤولية متضائلة تجاه تصرفهن.

وعلى غير المتوقع، كان إعطاء الأمر بالضغط على المفتاح كافيًا لإحداث التأثيرات، حتى حين لم تؤدِّ الضغطة إلى ضرر بدني، أو مالي. يقول هاجارد: «يبدو أن شعورك بالمسؤولية يتضاءل حين يأمرك أحدٌ ما بأن تفعل شيئًا، أيًّا كان الفعل».

وحسب قول سينوت أرمسترونج، يمكن لتلك الدراسة أن تُنشئ نِقَاشًا قانونيًّا، لكنها أيضًا تتصل بشكل أوسع بنطاقات أخرى في المجتمع. فعلى سبيل المثال.. يمكن للشركات التي تريد أن تنشئ ـ أو تتجنب ـ شعورًا شخصيًّا بالمسؤولية بين موظفيها أن تطبِّق الدروس المستفادة من هذه التجارب على أرض الواقع. ■



SOURCE: JAXA

علم الفلك

رهانات عالية على مسبار الفضاء الياباني

يحمل «أسترو-إتش» ASTRO-H التقنية التي فشل في تنفيذها مِن قَبْل منظاران فضائيان منكوبان.

دافيديه كاستيلفيكي

قامت اليابان في ديسمبر الماضي بإطلاق مرصدها الفضائي الأكبر، الذي يَستخدم الأشعة السينية لدراسة الظواهر المختلفة، بدءًا من الثقوب السوداء، حتى المادة المظلمة؛ حاملًا تقنية التصوير فائق البرودة، التي حملتها بعثتان من قبل، انتهى أمرهما بشكل كارثي. لذا.. يأمل علماء الفلك حول العالم أن ينجح الأمر في هذه المرة، وتكون الأخيرة.

كان من المقرَّر أن يُطلِق صاروخ «H-IIA» الياباني المسبارَ الذي سُمّي حينها بالاسم المؤقت «أسترو-إتش» في يوم 12 من شهر فبراير الماضي، من مركز تانيجاشيما الفضائي؛ إلا أن الموعد أُجِّل بسبب الأحوال الجوية، وتم إطلاقه في الساعة الخامسة وخمس وأربعين دقيقة، حسب التوقيت المحلي، مساء يوم 17 فبراير الماضي. وبمجرد دخوله المدار، تمدَّد المسبار، البالغ وزنه 2.7 طن، ليصل طوله إلى 14 مترًا، وهو الطول الأقصى الذي يمكنه الوصول إليه. ويتضمن هذا الطول ذراعًا تبلغ 6.4 متر، تحمل آلة تصوير قادرة على جمع فوتونات الأشعة السينية عالية الطاقة، أو «الصلبة» (انظر: «أطياف في الفضاء»). تقود البعثة وكالة استكشاف الفضاء اليابانية (JAXA)، باستثمارات بلغت 31 مليار ين ياباني (ما يساوي 265 مليون دولار أمريكي)، بالإضافة إلى مشاركات كبيرة من وكالة «ناسا» أيضًا، وكذلك مؤسسات عدة في ست دول أخرى» ووكالة الفضاء الأوروبية «ESA».

إن دراسة انبعاثات الأشعة السينية هي الطريقة المثلى لرصد نطاق واسع من الظواهر الكونية، بدءًا من العناقيد المجرِّية، حتى الأقراص المزودة، شديدة السخونة، التي تحيط بالثقوب السوداء، لكن الغلاف الجوي للكرة الأرضية أغلبه معتم للإشعاع خارج الطيف المرئي، خاصة الأشعة السينية، وأشعة جاما، بمعنى أن غالبية الدراسات الفلكية بالأشعة السينية تتطلب قمرًا صناعيًّا.

إن مرصد الأشعة السينية «تشاندرا» ـ التابع لوكالة «ناسا» ـ و«إكس إم إم نيوتن» ـ التابع لوكالة الفضاء الأوروبية ـ يُعَدَّان القمرين الرئيسين الموجودين حاليًّا لقياس الأشعة السينية؛ وقد أُطلِقا في عام 1999، ويمكنهما تحليل الأطوال الموجية المكوّنة للأشعة السينية ـ أي الأطياف ـ المنبعثة من الأجسام النقطية، كالنجوم مثلًا، لكن «أسترو-إتش» هو الأول الذي يقدِّم أطيافًا عالية الجودة لمصادر الأشعة السينية الأكثر توسعًّا، مثل العناقيد المجرِّية، حسب قول نوربرت شارتل، عالِم مشروع لدى «إكس إم إم-نيوتن» في مركز علوم الفلك الفضائي الأوروبي، التابع لوكالة «إيزا» خارج مدريد، وهو أيضًا عضو في فريق وكالة الفضاء الأوروبية المشارِك في مشروع «أسترو-إتش».

تَحمِل الأطياف معلومات حول سرعة واضطراب البلازما التي تتخلل العناقيد المجرِّية، التي يمكنها أن تكشف عن إمكانية وكيفية إنتاج عنقود بإدماج عنقودين أصغر، كما تقول كريستين فورمان، عالمة الفيزياء الفلكية عالية الطاقة في جامعة هارفارد في كمبريدج بماساتشوستس. في السابق، تم إدماج الصور الملتقَطة للعناقيد بالأشعة السينية مع الصور الملتقطة بالضوء المرئي؛ ما قدَّم أدلة مذهلة ـ وإنْ كانت غير مباشرة ـ على وجود المادة المظلمة. ومن المفترض أن يكون «أسترو-إتش» قادرًا على المساعدة في حسم ما إذا كانت إشارة الأشعة السينية البالغة 3.5 ألف إلكترون فولت، التي تُرى في بعض المجرات، هي علامة على تحلُّل المادة المظلمة إلى فوتونات، أو شيء آخر، كما يقول أليكسي بويارسكي، وهو عالِم في مجال الفيزياء الفلكية في جامعة لايدن في هولندا، وشارك في اكتشاف تلك الإشارة (انظر: *Nature* **517**, 422–423; 2015).

يتضمن «أسترو-إتش» كذلك نطاقًا من الأطوال الموجية، أوسع من معظم البعثات الأخرى، بدءًا من الفوتونات «اللينة» منخفضة الطاقة، التي تبدأ من 300 إلكترون فولت، مرورًا بالأشعة السينية الصلبة، ووصولًا إلى أشعة جاما اللينة، البالغة 600 ألف إلكترون فولت؛ لكنه يقوم بتصوير أطياف الأشعة السينية اللينة فقط بدقة عالية، عن طريق مطياف الأشعة السينية اللينة (SXS). وبداخل هذا المطياف، توجد مصفوفة من 36 بِكْسِلًا، يجب حفظها عند درجة حرارة 0.05 فوق الصفر المطلق، في عمق الجزء الرئيس من جسم المركبة. وحين يصطدم فوتون بأحد أجهزة الاستشعار، ترتفع درجة حرارة جهاز الاستشعار بعض الشيء، ما يزيد من التوصيل الكهربائي فيه. ويمكن استخدام تغيُّر الجهد الذي يحدث في قياس طاقة الفوتون الأصلي ـ وبالتالي طوله الموجي ـ بدقة تقترب من جزء من الألف.

تَشكَّلت التقنية لأول مرة في عام 1984، حين بدأ ريتشارد كيلي ـ وهو عالِم في الفيزياء الفلكية في مركز جودارد للطيران الفضائي، التابع لوكالة ناسا، في جرينبيلت بولاية ميريلاند ـ في تصميم أجهزة استشعار لمرصد تشاندرا. وبعد أن تراجعت وكالة «ناسا» عن طموحاتها بخصوص المرصد، وألغت الخطة؛ قدَّم كيلي وفريقه المطياف إلى منظار الأشعة السينية الياباني «أسترو-إي» ASTRO-E، لكن في عام 2000، وبعد وقت قصير من الإقلاع، تحطَّم الصاروخ، الذي كان من المفترَض أن يضعه في المدار.

ومن ثم، أعدت وكالة «جاكسا» بعثة بديلة، أسمتها «سوزاكو» Suzaku؛ وصلت إلى مدارها في شهر يوليو من عام 2005، لتأتي كارثة تدمُّرها هي الأخرى، حيث من الضروري أن يتم إطلاق الهيليوم السائل ـ المستخدَم للحفاظ على برودة أجهزة استشعار المطياف ـ ببطء، أو تصريفه على هيئة غاز، لكنْ في سوزاكو، ظلت كمية قليلة من الهيليوم داخل المركبة؛ ما دمّر الفراغ الذي كان من المفترَض أن يعزل خزان الهيليوم عن باقي المركبة؛ فارتفعت درجة حرارة الخزان بشكل أسرع من المتوقَّع، ما تَسَبَّب في غليان الهيليوم وتنفيسه في الفضاء في غضون أربعة أسابيع من الإطلاق. وإذ لم يستطع المطياف أن يحافظ على برودته الفائقة، تعطَّل قبل أن يبدأ عملية الرصد، برغم استمرار آلات «سوزاكو» الأخرى في العمل؛ حتى تم إنهاء مهمة المركبة في عام 2015.

ولإعداد «أسترو-إتش»، أعادت وكالة «جاكسا» تصميم الخزان، مضيفةً إليه أنابيب لتصريف غاز الهيليوم مباشرة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في الفضاء. ولتجنُّب المزيد من الثغرات، قام تادايوكي تاكاهاشي ـ مدير مشروع «أسترو-إتش»، وعالم بالفيزياء الفلكية في جامعة طوكيو ـ بزيادة إسهاماته في العمل، دون حدود. يقول تاكاهاشي: «عادةً، تحدِّد الائتلافات الدولية واجهات تَوَاصُل واضحة لها»، إذ تقوم مختبرات مختلفة بتصنيع أجزاء مختلفة من المركبة الفضائية وحمولتها. أما باحثو «أسترو-إتش»، فقد قاموا بزيارة مختبرات بعضهم البعض بانتظام، وأحيانًا لعدة أشهر متصلة أيضًا.

يقول كيلي إنّ تاكاهاشي أقام تعاونًا مفتوحًا للغاية: «يتفهم تاد فكرة أنك إذا كنتَ تريد زيادة فرص النجاح إلى أقصى حد؛ فعليك أن تزيح كل الحواجز. يستطيع الجميع الوصول إلى كل شيء».

مِن المقرَّر أن يُسمح لعلماء الفلك حول العالم بطلب وقت لاستخدام «أسترو-إتش» في الرصد، ويكون لكل فريق الحق في الاحتفاظ حصريًّا لمدة عام بالبيانات الناتجة، ثم تتيح «جاكسا» البيانات بعد ذلك للجمهور، وهو نموذج تتبعه وكالة «ناسا» منذ فترة طويلة. وكما أُعلن منذ البداية، تم تغيير الاسم المؤقت للمسبار بعد إطلاقه، ليتحول من «أسترو-إتش» إلى «هيتومي» Hitomi.

ومِن المقرر أيضًا أن تُنقل نسخة من مطياف الأشعة السينية اللينة ـ تكون أكبر، وأعلى دقة ـ على متن «أثينا» Athena، وهي بعثة دراسة فلكية بالأشعة السينية، تقودها وكالة «إيزا»، مقرَّر إطلاقها في أواخر عشرينات القرن الحالي. ■

التغطية الإضافية يقدمها **ديفيد سيرانوسكي**.

مسبار أسترو-إتش، وقت استعداده للانطلاق.

JAXA

الفيزياء الفلكية

شباب الباحثين مستعدون لركوب موجة الجاذبية

اكتشاف تموُّجات صغيرة في نسيج الزمان والمكان يأذن بحقبة جديدة في الفيزياء.

ألكسندرا ويتز

لقد فتح الكشف المباشر الأول من نوعه لموجات الجاذبية فتحًا جديدًا في علمي الفيزياء والفلك، كَلَّل جهود كتيبة من شباب الباحثين الذين راهنوا على إيجاد دليل على ظاهرة طالما حيَّرت العلماء بالتوفيق.

منذ عقود مضت، تعهَّد مرصد مقياس التداخل الليزري لموجات الجاذبية «ليجو» LIGO ـ الذي وُضع له تصور في سبعينات القرن العشرين، وشُيِّد في تسعيناته ـ بالتوصل إلى نتائج، وها قد توصَّل أخيرًا إلى نتائج، أعلنها في 11 فبراير الماضي، عندما أفاد فريق الباحثين في المشروع بأنهم رأوا إشارات لتموُّجات في نسيج الزمان والمكان، تُعرف باسم موجات الجاذبية.

تستطيع تلك الملاحظات أن تعيد تشكيل تصوُّرنا للبيئات التي بها جاذبية عالية، مثل مناطق تصادم الثقوب السوداء، وانفجار النجوم، واللحظات الأولى لنشأة الكون.

تقول سامايا نيسانكا، عالمة الفيزياء الفلكية بجامعة رادبود في نايميخن بهولندا: «إن الشيء المثير الذي غيَّر مجريات الأمور بالنسبة لي هو أن لدينا بيانات فعلية، وسنستطيع أخيرًا اختبار نظريتنا».

تطمح نيسانكا ـ من أعضاء كتيبة الباحثين الأوائل في مجال فيزياء الجاذبية ـ إلى الاستعانة بالبيانات التي جمعها «ليجو» والمراصد المشابهة. وتضيف قائلة: «أنْ يكون لديك مثل هذا المسبار الفريد من نوعه في منطقة بها أقصى درجات الجاذبية، وعند طرف التواء نسيج الزمان والمكان؛ فالأمر ـ بلا شك ـ سيستحوذ على تفكيرك».

استغرقت المرحلة الأولى من مرصد «ليجو» سنوات، بدون اكتشاف أي موجات جاذبية، لكن بعد إجراء تحسينات هائلة عليه في سبتمبر من العام الماضي؛ سرعان ما التقط إشارة؛ مما عزَّز الاعتقاد بأنه سيلتقط موجات عديدة في المستقبَل. ويأمل علماء الفيزياء في ظهور رؤى جديدة مع كل اكتشاف جديد.

تقول لاورا كادوناتي، عالمة الفيزياء في معهد جورجيا للتقنية بأتلانتا، والمشرفة على تحليل البيانات التي يوردها مرصد «ليجو»: «حقيقةُ أننا توصلنا إلى مِثْل هذه النتائج، تعطينا دفعةً حقيقيةً إلى الأمام»، لكن لم يكن هذا المجال ورديًّا قبل 15 عامًا، عندما كانت فيكي كالوجيرا ـ عالمة الفيزياء الفلكية بجامعة نورث ويسترن في إيفانستون بولاية إلينوي ـ تحسب الوقت الذي يستغرقه عادةً اندماج أجسام فيزيائية فلكية، مثل الثقوب السوداء، أو النجوم النيوترونية (بقايا فائقة الكثافة من نجوم منفجرة). ويُعتقد أن مثل هذه التصادمات تُعَدُّ مصدرًا لمعظم موجات الجاذبية التي صُمِّم مرصد «ليجو» بغرض اكتشافها.

أجرت كالوجيرا بعضًا من الحسابات الأوَّلية لمرصد «ليجو»؛ لاكتشاف عدد المرات في فترة زمنية معينة، التي قد يصطدم فيها نجمان نيوترونيان بالقرب من الأرض، ومن ثم رصْد موجات الجاذبية الناجمة عن التصادم (V. Kalogera *et al*. *Astrophys*. *J*. **601**, L179–L182; 2004). وقد تفاوتت التقديرات الواردة من مجموعات بحثية مختلفة إلى حدٍّ كبير، وتضمَّنت سيناريوهات تبعث على التشاؤم، تَضْعُف فيها فرص مرصد «ليجو» في الْتِقاط أيّ موجات. آنذاك، واجهت كالوجيرا قرارًا صعبًا؛ فكان عليها أن تختار بين الاستمرار في مجال الفيزياء الفلكية وموجات الجاذبية، وبين التحول إلى موضوعات قد تؤتي نتائج فعلية.

تقول: «لقد استفتيتُ قلبي في وقتٍ قالوا لي فيه إنني سلكتُ المسار المهني الخاطئ، أما الآنَ، فتغمرني الدهشة، لوجودي ـ فعليًّا ـ في عصر الاكتشاف».

ومما يثير الدهشة، أن الاكتشاف الأوَّل لمرصد «ليجو» لم يأتِ من نظام نجوم نيوترونية ثنائي (وهي أنظمة يُعتقد أنها شائعة نسبيًّا، إذ تُوجد ستة أزواج منها في مَجَرَّتنا وحدها)، بل من ثقبين أسودين كبيرين، تعادل كتلة كل منهما حوالي 30 ضِعْفَ كتلة الشمس. تقول نيسانكا: «مِن الممكن أن تظن أن هذه الثقوب ليست مجرد مصادر لموجات الجاذبية، بل هي وحوش فلكية حقيقية».

ولا يزال الأمل يحدو العديد من علماء الفيزياء، أنْ يلتقط قريبًا مرصدُ «ليجو» ـ ومراصد مشابهة ـ موجات جاذبية ناتجة عن اندماج نجوم نيوترونية. تملك هذه النجوم كثافة هائلة، حتى إن التليسكوبات الفلكية العادية لا تستطيع سبر أغوارها، والنفاذ إلى ما تحت أسطحها الساطعة المتوهجة؛ ولذا.. يلجأ الباحثون إلى النماذج؛ لاستنباط ما يجري في الداخل.

قد تغيِّر موجات الجاذبية ذلك، بناءً على ما توفِّره من معلومات، مثل الأحجام الدقيقة للنجوم النيوترونية، وكيف تشد النيوترونات بعضها بعضًا بمنتهى الإحكام. وقد تُستقى هذه المعلومات من تفاصيل الحركة الحلزونية للنجوم النيوترونية في اتجاه بعضها بعضًا، في اللحظات الأخيرة، قبل اندماجها النهائي.

تقول جوسلين ريد، عالمة الفيزياء بجامعة ولاية ◄



LANCE HAYASHIDA/CALTECH

تطمح عالمة الفيزياء الفلكية مانسي كاسليوال إلى استخدام إشارات موجات الجاذبية في دراسة النجوم النيوترونية المتصادمة.

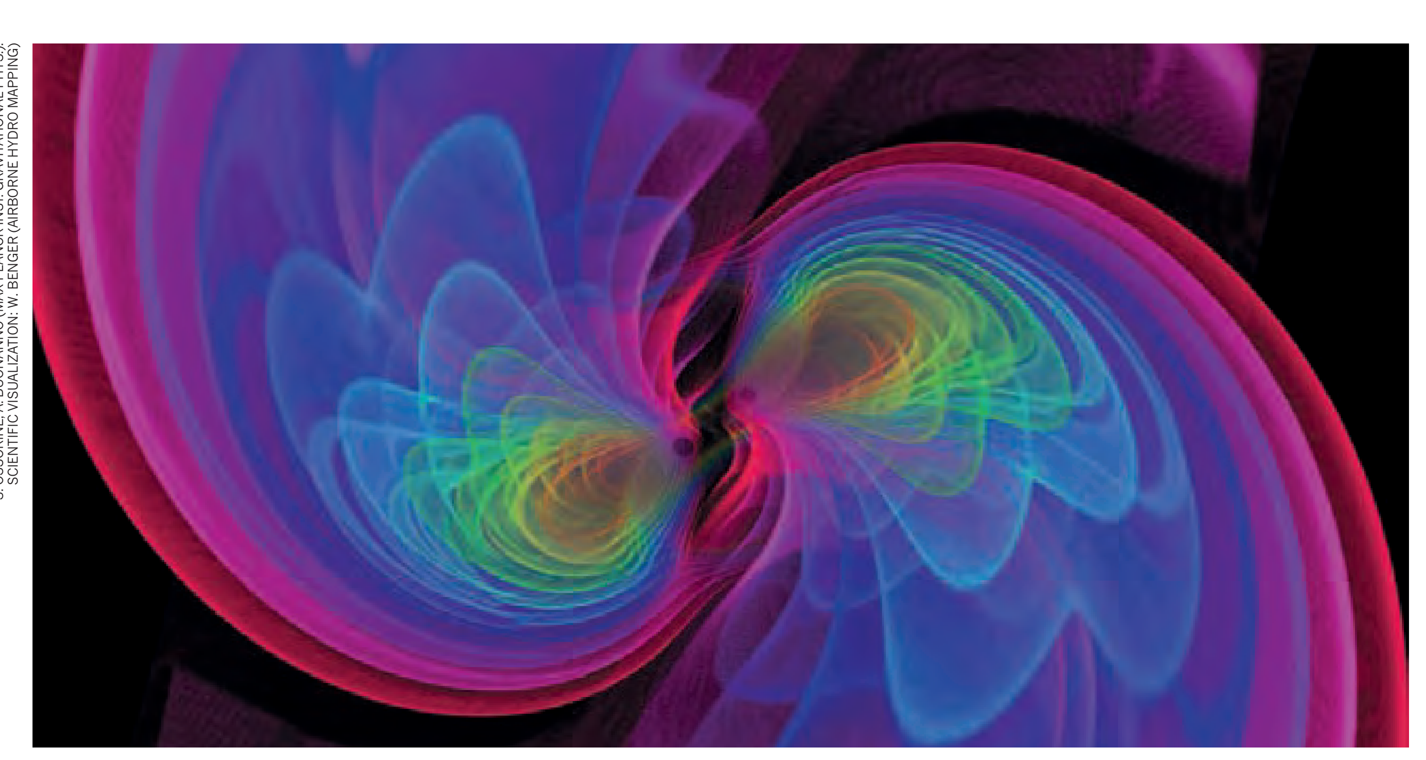
تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

◀ كاليفورنيا، في فوليرتون: «بهذا الاكتشاف.. يمكننا التعرف على مادة ثابتة، تُعَدّ الأكثر كثافة في الكون، على نحو كان غائبًا عنا من قبل».

وعندما تندمج النجوم النيوترونية، يُعتقد أنها تدمج بعض عناصرها الكيميائية الخفيفة في عناصر أخرى أثقل، ومن ثم، تُضَخّ جميعًا في البيئة المحيطة. تقول مانسي كاسليوال ـ عالمة الفيزياء الفلكية بمعهد كاليفورنيا للتقنية في باسادينا ـ إن مثل هذا التصادم الكوني يُعدُّ مصدرًا للعديد من المعادن الثقيلة في الكون، بما في ذلك معظم الذهب الذي سبق تخليقه.

وتضيف: «إننا لم نرَ فعليًّا انفجارات قويةً بالقَدْر الكافي لتخلُّق هذه العناصر»، لكن باكتشاف مرصد «ليجو» لموجات الجاذبية؛ سيتمكن علماء الفلك من توجيه تليسكوباتهم لمسح تلك المنطقة من السماء، التي تنبعث منها هذه الموجات؛ مما يتيح الفرصة لالتقاط وميضٍ ما، صادرٍ عن مناجم الذهب السماوية تلك. وبالفعل، بدأت كاسليوال البحث باستخدام كاميرا واسعة المجال، مثبَّتة على تليسكوب، قطره 1.2 متر، في مرصد بالومار بكاليفورنيا. وفي العام المقبل، سوف تتكثَّف الجهود بالاستعانة بكاميرا أكبر كثيرًا، تستطيع مسح السماء بسرعة أكبر بـ12 مرة. ومن المتوقع أن يبدأ مسح مشابه في شيلي في العام القادم، وأن يتم تخصيص تليسكوب لتتبع الآثار بعيدة المنال؛ لاكتشاف موجات الجاذبية في نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي.

في النهاية، يأمل علماء الفلك أن يكوِّنوا صورة متكاملة عن كيفية تلاقي موجات الجاذبية مع علم الفلك التقليدي. وحسب قول أليساندرا كورسي، عالمة الفيزياء الفلكية بجامعة تكساس التقنية في لوبوك، فإن الأمر أشبه بمشاهدة فيلم يَعرِض مجموعة من الصور (هي الموجات الكهرومغناطيسية)، يرافقها صوت (هو موجات الجاذبية)، مما يوفِّر رؤية أشمل مما يفعل كلُّ طرفٍ على حدة. وتردف: «كم هو مثير أن نكون شهودًا على بداية عصر جديد». ■



S. OSSOKINE, A. BUONANNO (MAX PLANCK INST. GRAVITATIONAL PHYS.). SCIENTIFIC VISUALIZATION: W. BENGER (AIRBORNE HYDRO MAPPING)

صورة صادرة من محاكاة حاسوبية لعملية اندماج الثقبين الأسودين، رصدها مرصد «ليجو» باستخدام موجات الجاذبية.

موجات الجاذبية

طريــق «ليجــو» إلى المجــد

الاكتشاف التاريخي لتموُّجات صغيرة في نسيج الزمان والمكان يَستبعِد أن تكون الإشارة المرصودة إشارة زائفة.

دافيديه كاستيلفيكي

في الساعة 11:53 بالتوقيت المحلي من صباح يوم 14 سبتمبر من عام 2015، تلقَّى ماركو دريجو ـ عالِم الفيزياء في معهد ماكس بلانك لفيزياء الجاذبية في هانوفر بألمانيا ـ رسالة إلكترونية أوتوماتيكية، تحتوي على رابطين لرسمين بيانيين، كلاهما يُظْهِر موجة تشبه صوت زقزقة طير، تَظْهَر فجأة من وسط خلفية صاخبة، ثم تنتهي بارتطام مفاجئ.

كانت تلك إشارة، قد تدرَّب دريجو من قبل على قراءتها، وصُمِّم لرصدها مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر «ليجو» LIGO، الذي يعمل فيه دريجو، وتقوده الولايات المتحدة الأمريكية؛ ففُسِّرت على أنها نتاج تموجات مميّزة في نسيج الزمان والمكان، تحدث عادةً حين يصطدم ثقبان أسودان؛ ليشكِّلا مجال جاذبية واحدًا. لم يكن أحد قد رصد من قبل موجات الجاذبية بشكل مباشر، ولا عملية اندماج ثقبين أسودين؛ وقد كان قَدَر هذين الرَّسْمَين البيانيين ـ القادمَين من المِجَسَّين المتماثلين الخاصَّين بمرصد ليجو في ولايتي واشنطن، ولويزيانا ـ أن يسهما في صناعة التاريخ.

وفي يوم 11 فبراير، أعلن تحالف مرصد «ليجو» أنه قد تمكَّن من رصد موجات الجاذبية الناتجة عن اندماج ثقبين أسودين للمرة الأولى على الإطلاق، وقع على بُعْد حوالي 400 مليون فرسخ نجمي (1.3 مليار سنة ضوئية) من الأرض. يأتي ذلك بعد مرور 100 عام فقط على تنبؤ ألبرت أينشتاين بوجود مثل هذه الموجات كجزء من نظرية النسبية العامة الخاصة به. «لقد فعلناها!»؛ هكذا هتف ديفيد ريتز ـ المدير التنفيذي لمختبر «ليجو» ـ في مؤتمر صحفي في واشنطن العاصمة. ومن المتوقع أن يمهِّد هذا الاكتشاف الطريق للفوز بجائزة «نوبل»، كما أنه يؤسس مجال علم الفلك الخاص بموجات الجاذبية، الذي «سيستمع» فيه العلماء للموجات؛ لمعرفة المزيد عن الكون.

في صباح ذلك اليوم من شهر سبتمبر، كان دريجو يدرك أنه يقف أمام حدث جلل. يقول: «لقد كان واضحًا أننا إزاء حدث استثنائي»، لكن الباحثين في «ليجو» كانوا يتوقعون

NATURE.COM
للمزيد حول موجات الجاذبية ومرصد ليجو، قم بزيارة الرابط التالي:
go.nature.com/f5crzd

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ظهور هذه الرسوم البيانية كنتاج اختبار تجريبي مصطنع، يقوم به زملاؤهم؛ لاختبار المِجَسَّات. يقول دريجو: «ذهبت إلى مكتب زميلي أندرو لندجرين، لسؤاله عما إذا كان على علم بأيِّ اختبارات تجريبية تتم في المرصد، أم لا».

تَحَقَّق لندجرين سريعًا من سجلات البيانات، ولم يجد أيًّا من ذلك؛ فأرسل دريجو رسالة إلكترونية إلى تحالف مرصد «ليجو» بأكمله ـ الذي يضم ألف باحث، منتشرين حول العالم ـ ليسألهم عن رأيهم في الأمر.

يقول عالِم الفيزياء بروس ألين، رئيس دريجو ولندجرين: «من أول نظرة على الرسوم، قلت إن هذا اختبار تجريبي واضح». كان قد أتاه الخبر أثناء حضوره اجتماع ما، ولم يكترث بالتحقق من الأمر، إلا بعد استراحة الغداء.

وفي غضون بضع ساعات، استيقظ المتعاونون على الجانب الآخر من المحيط الأطلنطي على رسالة دريجو الإلكترونية، ومن بينهم عالِم الفيزياء التجريبية رينر فايس، الذي يعمل في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا «MIT» في كمبريدج، ومعروف بكونه المخترع الرئيس لمرصد «ليجو». يقول فايس: «بالنظرة الأولى لتلك الأشكال الموجية، رأيت شيئًا مذهلًا».

رأى الكثيرون أن توقيت الإشارة جيد لدرجة أقرب إلى الخيال.. فقد كان التحالف قد أتمّ لتوِّه عملية تحديث للآلات تتم كل خمس سنوات (انظر: «نطاق رؤية «ليجو» المتوسعة للكون»)، كما كان قد منح عددًا محدودًا من أعضائه سلطة إرسال إشارات زائفة عبر المرصد، وعدم إفشاء ما إذا كانت حقيقية، أم لا؛ لاختبار ردود أفعال أعضاء الفريق. حسب قول جابرييلا جونزاليز، المتحدثة الرسمية باسم المرصد، وعالمة الفيزياء في جامعة ولاية لويزيانا في باتون روج، فحتَّى مثل هذا «الاختبار المعمَّى» كان سيترك بعض الآثار في البيانات.

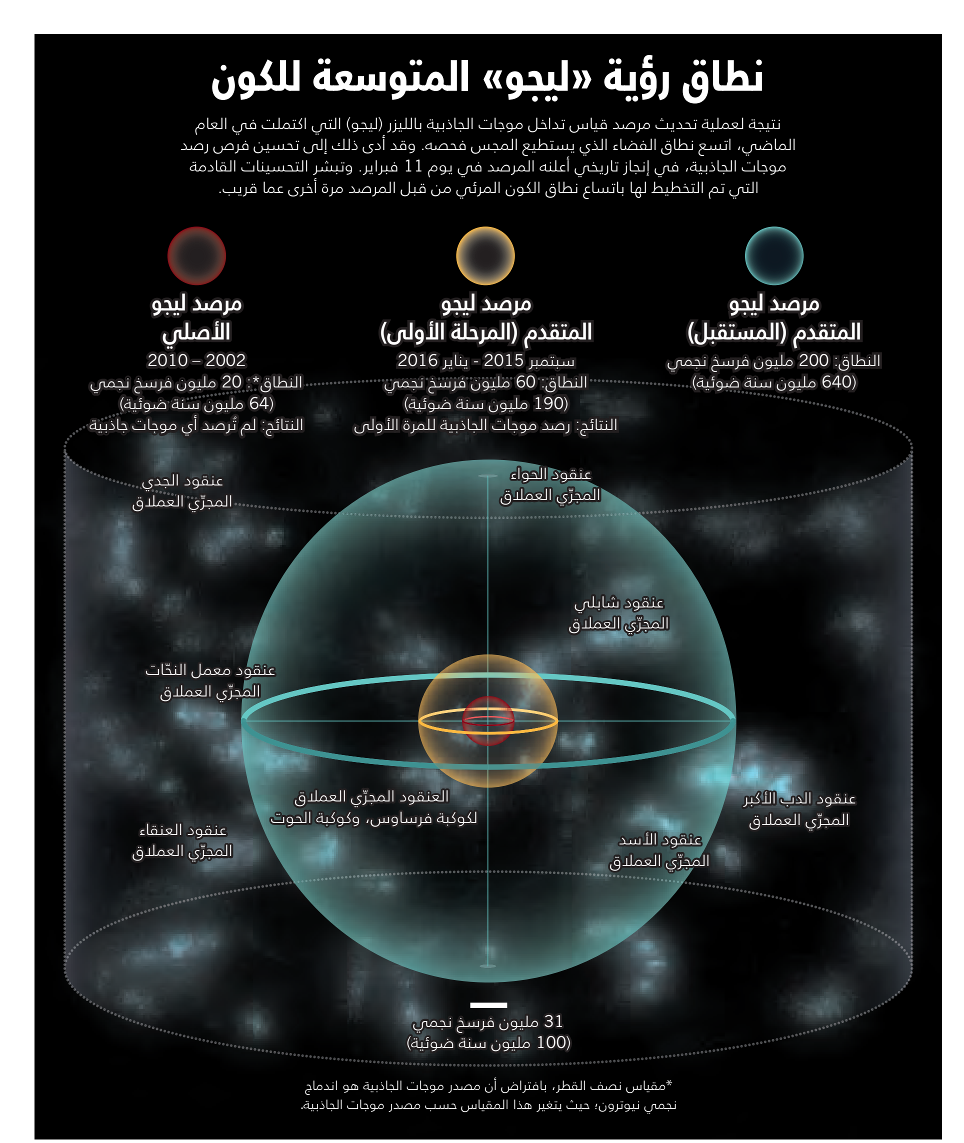
وبعد يوم طويل من إجراء المكالمات، وإرسال الرسائل الإلكترونية، توصلت جونزاليز إلى يقين جازم بأنه لم يحدث أن أجرى أحدٌ أي اختبارًا زائفًا، وأخبرت جميع أعضاء التحالف بذلك.

حينها فقط، أدرك كيب ثورن ـ عالِم الفيزياء النظرية في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا «كالتيك» Caltech في باسادينا، الذي أسس مرصد ليجو بالتعاون مع فايس وزميله في معهد كالتيك رونالد دريفر ـ أن حلم الـ40 سنة الأخيرة قد تحقق، لكن لم يحن بعد وقت الاحتفال. وكان على التحالف فعل الكثير، قبل الإعلان عن الاكتشاف. يقول ثورن: «في تلك الليلة في المنزل احتفلت وحدي بابتسامة فقط.. فلم يكن باستطاعتي إخبار زوجتي بالأمر».

قررت جونزاليز وفريقها قضاء شهر آخر في تجميع البيانات، قبل بدء تحليل شامل، فقد كان على الباحثين تسجيل الضوضاء الطبيعية الموجودة في مِجَسّاتهم؛ لمقارنتها بالإشارات الصادرة؛ فتوصلوا إلى احتمال أن تصدر الضوضاء هذا النمط الصارخ المتطابق في لويزيانا وواشنطن في التوقيت ذاته هو احتمال ضعيف للغاية، حتى إنه قد يحدث صدفةً، ربما أقل من مرة كل 203 آلاف سنة.

ولاستخلاص أكبر قدر من المعلومات، قام الباحثون بعد ذلك بعمليات محاكاة مطوَّلة، بالاستعانة بالحواسيب الفائقة، كما يقول آلين. وقد أثبتت عمليات المحاكاة تلك أن البيانات تتطابق تمامًا وبشكلٍ رائع مع تنبؤات نظرية النسبية العامة التي أعلنها أينشتاين في عام 1915، وكذلك الأعمال النظرية التي قادت علماء الفيزياء في العقود القليلة السابقة إلى فهم مقتضيات النظرية بشكل كامل.

ومن الأشكال الموجية، استطاع الباحثون استنباط أن كتلة أحد الثقبين الأسودين تبلغ 36 ضِعْف كتلة الشمس، أما الآخر، فتبلغ كتلته نحو 29 كتلة نجمية. وقد تَسَبَّب دوران الجسمين حول بعضهما في انحناء نسيج الزمان والمكان من حولهما بنمط مموّج، وانتقلت تلك التموّجات عبر الكون على هيئة



موجات جاذبية، لمسافة تقدَّر بحوالي 1.3 مليار سنة ضوئية؛ متسبِّبةً في تمدد نسيج المكان، وضغطه أثناء تحركها.

يقوم جهازا قياس التداخل المتماثلان الخاصين بمرصد «ليجو» بإرسال أشعة ليزر، تنعكس من على سطح مرايا مثبتة في الطرفين المتقابلين لأنبوبين مفرغين متعامدين، طول كل منهما 4 كيلومترات. وبمرور موجة جاذبية من خلالهما، يتغير طول الأنابيب بعدة طرق، مما يجعل أشعة الليزر تنحرف قليلًا عن تزامنها مع بعضها. وبوصول الموجات المنبعثة من اندماج الثقبين في يوم 14 سبتمبر، كانت قد تحولت إلى تموجات صغيرة؛ ما غيَّر طول الأنابيب بما يعادل جزءًا من مليار تريليون جزء (10^{21}).

«احتفلتُ وحدي بابتسامة فقط.. فلم يكن باستطاعتي إخبار زوجتي بالأمر».

وعلى الرغم من أن الثقبين الأسودين على الأرجح كانا يدوران حول بعضهما البعض لملايين السنين، لم يلتقط مرصد ليجو موجاتهما، إلا عندما وصل تردد الموجات إلى 35 دورة في الثانية (هيرتز)، وقد زاد التردد بسرعة بعد ذلك، حتى وصل إلى 250 Hz. أصبحت الإشارة مشوَّشة، ثم خمدت سريعًا بعد ذلك؛ واستغرق الأمر كله ربع ثانية فقط. وما حسم الأمر هو كون المجسين رصدا الإشارة في الوقت نفسه تقريبًا؛ في ليفنجستون بلويزيانا أولًا، ثم هانفورد في واشنطن، بعد ذلك بـ7 ملِّي ثانية. ويشير هذا التأخير الزمني إلى كيفية عبور الموجات من خلال كوكب الأرض.

جاءت بعد ذلك مرحلة كتابة الورقة البحثية، التي تطلبت ـ حسب قول بيتر فريتشيل، كبير علماء مرصد «ليجو» في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ـ أخْذ موافقة الألف باحث على كل التفاصيل، وإرسال أكثر من 5,000 رسالة إلكترونية. وفي يوم 21 من شهر يناير، أرسل الفريق البحث للنشر، وقامت دورية «فيزيكال ريفيو ليترز» *Physical Review Letters* بنشره بالفعل في يوم 11 فبراير (B. P. Abbott *et al*. *Phys. Rev. Lett*. **116**, 061102; 2016)؛ وهو اليوم نفسه الذي عَقد فيه المرصد عدة مؤتمرات صحفية حول العالم.

يقول ستيفن هوكينج، عالِم الفيزياء في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة: «إن هذه الاكتشافات المذهلة تثبت صحة الكثير من الأعمال النظرية، بما في ذلك نظرية النسبية العامة الخاصة بأينشتاين، التي تنبأت بوجود موجات الجاذبية».

إن نجاح مرصد «ليجو» هو نهاية مناسبة للقصة التي بدأها أينشتاين، الذي لم يؤمن أبدًا بوجود الثقوب السوداء. وبرغم تواتر الأدلة لدى علماء الفلك حول وجود الثقوب، من خلال دراستهم للمحيط من حولها، حسب قول تيبو دامور، عالِم الفيزياء النظرية في معهد الدراسات العلمية المتقدمة بالقرب من باريس، إلا أن إشارة المرصد هي «الدليل الحقيقي الأول والمباشر على وجودها الفعلي». ■


UPI/BENJAMIN NOCERINI/US COAST GUARD/EYEVINE

توصَّل العلماء إلى طريقة لتتبُّع التغيرات التي تحدث في كثافة الجليد البحري في زمن مقارب للزمن الحقيقي.

المناخ

شتاء دافئ يدمِّر جليد القطب الشمالي

يسعى العلماء إلى رَصْدٍ أفضل لما تبقَّى من الغطاء الجليدي.

ألكسندرا ويتز

بعد فصل شتاء قياسي من عدة نَواح، يبدو أن الغطاء الجليدي البحري للقطب الشمالي في طريقه إلى أن يصل إلى حدوده العليا الشتوية الأصغر على الإطلاق. ففي يوم 28 من شهر فبراير الماضي، كان الجليد يغطي مساحة تبلغ 14.525 مليون كيلومتر مربع؛ ما يقل عن متوسط الفترة ما بين عام 1981، وعام 2010 بمقدار 938,000 كيلومتر مربع. والآن، يقوم العلماء باستخدام تقنية جديدة؛ للحصول على معلومات مهمة عن طبقة الجليد ـ في زمن مقارِب للزمن الحقيقي ـ التي يقل سُمْكها؛ وذلك من أجل التنبؤ بالتغيرات المستقبلية بشكل أفضل.

يبدو أن أنماط تغيُّر الطقس قصيرة الأجل، وأنماط تغيُّر المناخ طويلة الأجل ستؤدي مجتمعةً إلى بضعة أشهر استثنائية، حتى بمقاييس القطب الشمالي. تقول جينيفر فرانسيس، وهي عالمة متخصصة في علم المناخ في جامعة روتجرز في نيو برونزويك بولاية نيو جيرسي: «سيكون فصل الشتاء الحالي موضوع بحث لسنوات عديدة قادمة.. فهناك عدد غير عادي من الأحداث المنضمة إلى المشهد، لم يسبق لها أن ظهرت مع بعضها من قبل».

تشمل هذه الأحداث نمط الطقس «إل نينيو»، الذي يضخ الحرارة والرطوبة عبر الكرة الأرضية، وتذبذب المنطقة القطبية الشمالية، وهو نمط مناخي واسع النطاق، تسببت تغيُّراته في الشهور الأخيرة في دفع الهواء الدافئ نحو الشمال. يؤدي هذان العاملان معًا إلى تفاقم الانحسار طويل الأمد، الذي يحدث في الجليد البحري في القطب الشمالي، والذي كان قد انكمش بنسبة 3% في المتوسط في شهر فبراير من كل عام، منذ بدء تسجيلات الأقمار الصناعية في عام 1979.

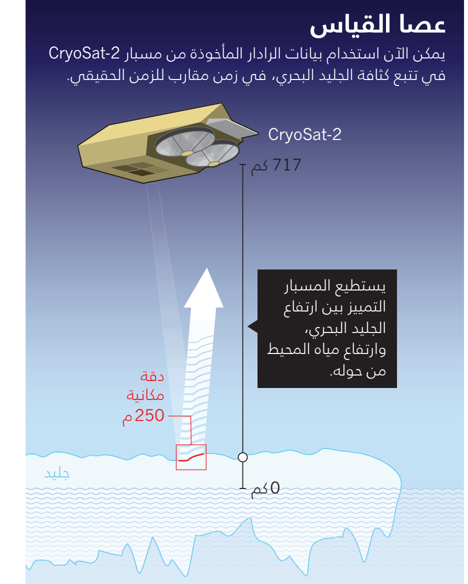
وقد قامت سلسلة من موجات الهواء ذي الضغط العالي ـ الموجود على حواف الساحل الغربي للولايات المتحدة ـ بتوجيه أنظمة الطقس حول كاليفورنيا، التي كانت قد أصابتها موجة من الجفاف؛ ليدفع بموجة من الدفء في اتجاه الشمال. وتبعًا لذلك.. يقل الجليد البحري في بحر بيرنج هذا العام على وجه الخصوص. وتضيف فرانسيس: «في الوضع الطبيعي، يكون الجليد عادةً كثيفًا وباردًا، لكننا بدلًا من ذلك.. نرى مساحات مفتوحة من المياه».

وفي شهر ديسمبر الماضي، تسببت عاصفةٌ في تعقيد الموقف، إذ دفعت الهواء الساخن الذى ترتفع درجة حرارته بأكثر من 20 درجة مئوية فوق المتوسط نحو القطب الشمالي. وفي شهر يناير، تسببت موجة حارة ـ دَفَعَها تَذَبْذُب المنطقة القطبية الشمالية ـ في رفع درجة حرارة الهواء فوق أغلب المحيط المتجمد الشمالي. وبحلول شهر فبراير، كان الجليد قد بدأ في الدوران في اتجاه عقارب الساعة حول حوض القطب الشمالي، وعبر مضيق فرام، حسب ما قالته جولين ستروِيف، وهي باحثة في المركز الوطني الأمريكي لبيانات الثلوج والجليد «NSIDC» في بولدر بكولورادو.

وبالأخذ في الاعتبار صعوبة التنبؤ بطقس منطقة القطب الشمالي، فإن انخفاض الحدّ الأعلى للجليد لا يعني بالضرورة توقُّع حدوث ذوبان منخفض بشكل استثنائي في هذا الصيف، عندما يصل الجليد البحري إلى معدله السنوي الأقل (فقد حدث أكبر ذوبان صيفي مسجَّل في عام 2012، وهو عام لم تحدث فيه ظاهرة «إل نينيو»)، لكن الآن، يملك الباحثون أداة جديدة لتعقُّب تغيرات هذا العام فور حدوثها؛ وهي القياسات التقريبية المفصلة الأولى لكثافة الجليد، التي أُخذت في الزمن الحقيقي تقريبًا، باستخدام القمر الصناعي الخاص بوكالة الفضاء الأوروبية «CryoSat-2».

تقوم حاليًّا ثلاث مجموعات بحثية بحساب كثافة جليد القطب الشمالي، من خلال بيانات القمر الصناعي، لكن بفارق زمني شهر واحد على الأقل. ومن شأن الحسابات التقريبية السريعة لشركات الشحن أن تسمح بتخطيط المسارات بشكل أفضل عبر منطقة القطب الشمالي، كما ستسمح للعلماء بتحسين توقعاتهم ذات المدى الأطول لسلوك الجليد. وحسب قول راشيل تيلينج، الباحثة في مجال الجليد البحري بجامعة كلية لندن: «كلما أمكنك الحصول على تقديرات لكثافة الجليد البحري تلك بشكل أسرع، استطعتَ البدء سريعًا في تجميعها في صورة نماذج، ووضع توقعات مناسبة أكثر حول ما سوف يحدث في المستقبل».

قامت راشيل وزملاؤها بتطوير طريقة أسرع؛ للحصول على معلومات حول كثافة الجليد، باستخدام القمر الصناعي «CryoSat-2»، (انظر: «عصا القياس»)، الذي يقوم بقياس الكثافة، عن طريق مقارنة الوقت الذي تستغرقه إشارات الرادار، لترتدّ من على سطح الجليد في الوقت الذي تستغرقه



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للارتداد من على سطح مساحات المياه المفتوحة. في الوضع الطبيعي، سيستغرق الأمر من مشغّلي القمر الصناعي عدة أشهر؛ لحساب مداره الدقيق، وبالتالي المواقع الدقيقة للجليد والماء التي مرّ عليها. وبدلًا من ذلك.. تقوم مجموعة تيلينج بعمل تحليل سريع للبيانات المدارية، ثم تقوم بدمجه مع معلومات مرصودة في الزمن الحقيقي تقريبًا حول تركيز الجليد، مجمَّعة من المركز الوطني الأمريكي لبيانات الثلوج والجليد، ومعلومات حول نوع الجليد، مجمَّعة من الخدمة النرويجية للأرصاد الجوية (R. L. Tilling *et al*. *Cryosphere Discuss*. http://doi.org/bcw5; 2016).

تَنْتُج عن ذلك قياسات لكثافة الجليد في غضون ثلاثة أيام فقط، تبلغ حدود دِقَّتها حوالي 1.5%، نسبةً إلى القياسات التي تم الحصول عليها بعد ذلك بعدة أشهر. وبذلك.. تُعَدّ دورة فصل الشتاء الحالي هي أول موسم كامل للبيانات المرصودة في الزمن الحقيقي تقريبًا. وجدير بالذكر أنه لا يمكن إتمام هذه القياسات في فصل الصيف، حيث تشوِّش البحيرات الذائبة على سطح الجليد على القمر الصناعي.

وقد بدأت تيلينج في التحدث مع شركات الشحن، من بين آخرين من المهتمين باستخدام البيانات فور صدورها. وتقول: «إنه عهد جديد حقًّا للقمر الصناعي CryoSat-2».

من المتوقع أن تقوم بيانات كثافة الجليد الأكثر دقة بتحسين نماذج المناخ، ومَنْح تنبؤات أفضل للتأثيرات المحتملة للجليد البحري السميك أو الرفيع، وفقًا لقول ناثان كورتز؛ وهو عالِم متخصص في مجال الغلاف الجليدي في مركز جودارد للطيران الفضائي ـ التابع لوكالة ناسا ـ في جرين بلت بولاية ميريلاند. ويساعد كورتز في قيادة مشروع «أيسبريدج IceBridge» ـ التابع لوكالة ناسا ـ الذي كان من المقرر أن يبدأ في إطلاق الطائرات شمال جرينلاند في الشهر الماضي؛ لقياس كثافة الجليد باستخدام أشعة الليزر، وكاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء، تستطيع كشف حرارة المياه الكامنة تحته.

من جانبه، يقول ديفيد باربر ـ المتخصص في مجال الجليد البحري في جامعة مانيتوبا في ونيبيج بكندا ـ إن قياسات الكثافة قد زادت أهميتها أكثر من أي وقت مضى، نظرًا إلى كون المنطقة القطبية الشمالية تتغير باستمرار. وكان باربر وزملاؤه قد أفادوا العام الماضي بأنّ مساحات المياه المفتوحة تتزايد على حافة طبقة جليد القطب الشمالي كل شهر على مدار السنة (D. G. Barber *et al*. *Prog*. *Oceanogr*. **139**, 122–150; 2015).

ويضيف باربر: «تظهر مساحات المياه المفتوحة في الشتاء بشكل أكبر مما كنا نتوقع. وتحدث هذه التغيرات بشكل سريع جدًّا، ولا أعتقد أن الناس على وعي كافٍ بمدى التأثيرات السريعة التي تلحقها». ■

الصحة العامة

هاجس الإيبولا يلازم الاستجابة لفيروس «زيكــا»

تُسارِع الوكالات المختلفة حاليًّا لإثبات أن الخطط التكتيكية للتصدِّي لانتشار الأمراض قد تحسَّنت.

إريكا تشيك هايدن

لم يَزَل العاملون في مجال الصحة العامة يكافحون؛ من أجل القضاء على وباء الإيبولا المنتشر في غرب أفريقيا. إلّا أنَّ الدروس المُستفادَة من الانتشار الأخير للعدوى، الذي كشف عيوبًا جسيمة في نظام الصحة العامة العالمي، باتت تصوغ الاستجابة الدولية المتصاعدة لانتشار فيروس زيكا في الأمريكتين.

«الإيبولا هي حيوان الغوريلا الكامن في الغرفة».. هكذا يصف لورنس جوستن الوضع، وهو متخصص في القانون الصحي والسياسة الصحية في جامعة جورج تاون بواشنطن. ويضيف قائلًا: «هي المحرِّك لكل شيء».

يرى جوستن وآخرون أنّ الحكومات ووكالات الصحة العامة العالمية مصممة جميعها على عدم تكرار الخطأ الأساسي الذي تم ارتكابه في التصدي للإيبولا، وهو التأخر الكبير في الاستجابة للتصدي للعدوى المتنامية. كان التأخر كفيلًا بأن يتيح للعدوى الانتشار ـ كما النار في الهشيم ـ في غرب أفريقيا؛ لتخرج عن السيطرة، حتى إن الوباء لا يزال متفشيًا إلى الآن، رغم مرور أكثر من عامين، ووفاة 11 ألف شخص.

والآن، بدأ المجتمع الصحي العالمي هذه المرة في محاربة فيروس «زيكا» بقوة، بدءًا بإعلان صَدَر عن منظمة الصحة العالمية «WHO» في الأول من فبراير، يفيد بأن مجموعة حالات الصِّغَل «صغر الرأس»، والاضطرابات العصبية الأخرى التي ظهرت في البرازيل ـ وقبل ذلك في بولينيزيا الفرنسية ـ وتصادفت مع موجة تفشي الفيروس، تشكِّل حالة طوارئ للصحة العامة حول العالم.

لم يسبق أن أصدرت منظمة الصحة العالمية مثل هذا الإعلان قبل معرفة السبب وراء حالة معينة. فإعلان شهر أغسطس لعام 2014، الذي أصدرته المنظمة، والذي يفيد بأن الإيبولا تشكِّل حالة طوارئ للصحة العامة، جاء بعد أن كان المرض قد انتشر في غرب أفريقيا على مدار ثمانية أشهر، وبعد أن قضى على حياة 932 شخصًا، لكن على الرغم من أنّ فيروس «زيكا» قد أصاب حوالي مليون شخص في الانتشار الأخير للوباء، إلّا أنّ أغلب المصابين قد تعافوا. ولم يُثْبِت العلماء وجود أي علاقة بين الفيروس وحالات الصعل، التي يُولَد فيها الأطفال بصِغَر غير طبيعي في حجم الرأس والمخ.

يقول آدم كامرات سكوت، وهو متخصص في الأمن الصحي في جامعة سيدني بأستراليا: «يبدو أن منظمة الصحة العالمية قد خرجت هذه المرة عن نهجها المعتاد الذي تقوم فيه بجمْع وفحص جميع الأدلة، قبل أنْ تتخذ موقفًا واضحًا. لم تكُن المنظمة لترضى بأن يُنظَر إليها مرة ثانية على أنها قد غفلت عن الأزمة».

وقد اتَّخذت جهات أخرى خطوات شجاعة مماثلة كذلك. ففي الثالث من فبراير، قامت المراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها «CDC» بتصعيد مستوى تفعيل مركز عمليات الاستجابة للطوارئ الخاص بها إلى أعلى مستوياته، وأطلقت الحكومة الأمريكية بسرعة الأبحاث حول الفيروس، والبدء فورًا في رصده. وفي اليوم نفسه، أعلنت المملكة المتحدة إنشاء صندوق دعم لأبحاث فيروس زيكا، بميزانية ابتدائية تبلغ حوالي مليون جنيه استرليني (ما يعادل 1.4 مليون دولار أمريكي). وفي الثامن من فبراير، طلب الرئيس الأمريكي باراك أوباما من المشرِّعين 1.8 مليار دولار؛ لتمويل أنشطة الاستجابة للفيروس. وبالمقارنة.. فقد جاء طلب أوباما لمبلغ 6.18 مليار دولار من أجل تمويل الاستجابة لفيروس الإيبولا بعد ثلاثة أشهر من إعلان الفيروس حالة طوارئ عالمية.

أما سويري مون، وهي باحثة في مجال الصحة العامة العالمية في «كلية هارفرد تي إتش تشان للصحة العامة» في بوسطن بولاية ماساتشوستس، فترى أن التعبئة الحالية المستمرة ضد فيروس زيكا غير مُبَالَغ فيها. فعلى الرغم من أنّ الفيروس ـ في الغالب ـ ليس فيروسًا فتاكًا، على عكس الإيبولا، إلا أنّه قد يؤدي إلى معاناة حقيقية، وفوضى اجتماعية واقتصادية. تقول مون: «إنّه لأمر مشجِّع أن ترى هذه القيادة والتعبئة من جانب منظمة الصحة العالمية، والمراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها، ومؤسسات الصحة العامة الأخرى. يبيِّن ذلك أنّ الدروس المستقاة من تجربة انتشار وباء الإيبولا قد تم استيعابها». فقد سبق أن اعترفت مارجريت تشان ـ المدير العام لمنظمة الصحة العالمية، في خطاب ألقته العالم الماضي ـ بفشل المنظمة في التعامل مع أزمة الإيبولا؛ وذكرت «عجزًا وقصورًا في التنظيم الإداري للمنظمة، والبِنَى الإدارية والفنية فيها».

كما تسلط الاستجابة لفيروس «زيكا» الضوءَ على العيوب الراسخة في نظام الصحة العامة العالمي؛ إذ اكتُشِف الفيروس للمرة الأولى في أفريقيا في عام 1947، وأدَّى إلى انتشار كبير للوباء في عام 2013 في جزر المحيط الهادئ، إلا أنه حتى الآن لا يوجد لقاح مضاد للفيروس، ولا يوجد علاج له، أو اختبار تشخيصي متعارَف عليه.

ويتساءل كامرات سكوت عمّا إذا كان العالَم سيتعقّب انتشار فيروس «زيكا» عن كثب بهذا القَدْر، لو لم يكن قد ظهر في البرازيل، حيث من المتوقَّع أن تتوجّه مئات الألوف من السياح إلى هناك؛ لحضور الألعاب الأوليمبية في شهر أغسطس القادم. ويقول: «من منظوري الشخصي، أرى أن المجتمع الدولي لم يستجب بسرعة للفيروس في حد ذاته».

وتشير مون إلى أنه على الرغم من أنّ منظمة الصحة العالمية تحاول التأكد من أن المعطيات والبيانات الخاصة بانتشار الفيروس ستتم مشاركتها فيما بين الباحثين في الحكومات، والمؤسسات الأكاديمية والصناعية، إلّا أنّ شركات الأدوية التي تعمل على تطوير لقاح للفيروس لم توافق علنًا على المشارَكة.

من جانبه، يرى جوستن أنّ منظمة الصحة العالمية تسعى ـ منذ زمن بعيد ـ لتغيير نمط استجابتها للكوارث الصحية العالمية. فبعد أن انتُقِدَت على استجابتها المُفرطة لوباء إنفلونزا H1N1 في عام 2009، بإعلانها إيّاه آنذاك وباءً منتشرًا بشكل كبير، بينما اتضح أن الفيروس نفسه لم يكن فتاكًا بالقدر المُعتقَد في البداية؛ أبطأت المنظمة من استجابتها لانتشار وباء الإيبولا. أما الآن، فهي تصعِّد من استجابتها لفيروس «زيكا»، في ضوء النقد الذي طالها على استجابتها البطيئة للإيبولا. ومن منظور جوستن، يعزِّز هذا التبايُن الاعتقاد بأنّ العوامل السياسية هي التي تدفع عمل منظمة الصحة العالمية في الأساس، وليس العوامل الطبية. ويقول: «ينبغي ألّا نفترض أن كل معركة هي حربنا الأخيرة». ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

عالَم

يتسارع التطور التقني اليوم على نحو غير مسبوق؛ ليرسم لنا عالمًا، نستطيع بالكاد البدء في تصوُّر ملامحه.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الغـــد

دكلان باتلر

في مارس 2001، نَشَر عالِم المستقبليات راي كورزويل، مقالًا بعنوان: «قانون العوائد المتسارعة» (The Law of Accelerating Returns)، قال فيه إن البشر يجدون صعوبة في إدراك مستقبلهم. وأكد أنه بالنظر إلى التاريخ، فإن التطورات التقنية ستواصل تسارعها، على الرغم من أن معظمنا لا يدرك ذلك، وأن العالَم الذي نعرفه، ستتغير ملامحه تمامًا في غضون عقود قليلة. وجاء في مقاله: «لن نشهد 100 عامٍ من التقدم في القرن الواحد والعشرين، بل سيبدو الأمر أشبه بعشرين ألف عام من التطور (بالمعدلات الحالية)».

بعد خمسة عشر عامًا من نشر المقال، يشغل كورزويل الآن منصب مدير الشؤون الهندسية في شركة «جوجل»، وله مريدون كثيرون من علماء المستقبليات. ورغم أن بعض توقعاته في المقال كانت غريبة، أو مُبالَغ فيها، إلا أن الخبراء يرون أن مبادئها الأساسية لا تزال صالحة إلى حد كبير. ويدل على ذلك ـ حسب قولهم ـ التطورات الكبيرة المتلاحقة في مجموعة من التقنيات الحديثة، مثل قوة الحوسبة، وتخزين البيانات، وحجم شبكة الإنترنت وأدائها (انظر الرسم التوضيحي «تقدمٌ مستمر»). تصنع هذه التطورات نقاط تحوُّل، أو لحظات تصعد فيها ـ بلا حدود ـ تقنياتٌ مثل الروبوتات، والذكاء الاصطناعي، وعلم الأحياء، وتكنولوجيا النانو، والطباعة ثلاثية الأبعاد، مسبِّبةً تغييرًا مفاجئًا وعميقًا. وكما تقول فايفاي لي، رئيسة مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي في كاليفورنيا: «نعيش اليوم في عالم يختلف تمامًا ـ إلى حدٍّ مثير للدهشة ـ عن العالَم الذي عاش فيه آباؤنا»، والأمر نفسه سيحدث ـ بل وأكثر منه ـ مع أبنائنا وأحفادنا.

يرى كورزويل وآخرون أن الناس يجدون صعوبة بالغة في استيعاب التغيرات السريعة، لأن الطبيعة البشرية يمكنها استيعاب معدلات التقدم الخَطِّي الثابتة، لا الواثبة، تمامًا مثلما ينظر شخص إلى صورة مكبرة لجزء صغير من دائرة، فيبدو له كأنه خط مستقيم. يميل الناس إلى التركيز على السنوات القليلة الماضية، لكن النظرة الشاملة تكشف عن تغير أكثر دراماتيكية؛ فالعديد من الأمور التي يعتبرها المجتمع من المسَلّمات اليوم كانت «هراءً تنبؤيًّا» قبل عقود قليلة. فيمكننا الآن البحث في مليارات الصفحات والصور ومقاطع الفيديو على شبكة الإنترنت، كما أصبحت الهواتف الجوالة في أيدي الجميع، وهناك المليارات من أجهزة الاستشعار الذكية المتصلة بالإنترنت، التي تراقب كل شيء لحظة بلحظة، ابتداءً من حالة الكوكب، إلى نبضات قلوبنا ومعدلات نومنا، بل وتَعِدّ خطواتنا، أما الطائرات بدون طيار، والأقمار الصناعية صغيرة الحجم، فتجوب السماوات بِحُرِّيَّة.

وإذا استمر التغير في الحدوث بإيقاع سريع؛ ستبدو كل هذه التطورات تافهة في غضون سنوات قليلة. لنأخذ «التعلُّم العميق» deep learning، على سبيل المثال، وهو شكل من أشكال الذكاء الاصطناعي، يَستخدِم معالجات دقيقة وخوارزميات جبارة، لمحاكاة الشبكات العصبية التي تتمرَّن وتتعلم بصورة تراكمية، باستخدام مجموعات ضخمة من البيانات. في يناير الماضي، استخدمت شركة «ديب مايند» DeepMind ـ المتخصصة في الذكاء الاصطناعي، والتابعة لشركة «جوجل» ـ تكنولوجيا التعلم العميق، لتطوير حاسب استطاع للمرة الأولى أن يهزم محترفي لعبة «جو» Go، التي طالما عُدَّت من التحديات الكبرى أمام الذكاء الاصطناعي. وصرَّح باحثون لدورية *Nature* بأنهم يتنبأون بمستقبل، تغدو فيه الروبوتات الذكية شائعة مثل السيارات والهواتف، وتتغلغل في نسيج الأُسَر، والشركات، والمصانع، بعد 20 عامًا ـ أو أقل ـ من الآن. وكما تقول دانْيِلّا روس ـ رئيسة مختبر الحاسبات والذكاء الاصطناعي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ فإن «التسارع الحاد للتقدم التكنولوجي سيفضي إلى «عالَم يقتني فيه كل إنسان روبوتًا، وتصير فيه الروبوتات جزءًا أساسيًّا من نسيج الحياة».

ILLUSTRATION BY GREYGOUAR

وحسب قول فايفاي لي، فقد بدأت تطبيقات الذكاء الاصطناعي تدخل عالم الواقع بعد عقود طويلة من التطوير، مع ظهور السيارات ذاتية القيادة، والواقع الافتراضي، وغير ذلك الكثير. ومن المرجح أن تسارع معدلات التقدم في الذكاء الاصطناعي والروبوتات، إذ تنفق الشركات ذات السيولة المالية الهائلة ـ مثل «جوجل»، و«أبل»، و«فيسبوك»، و«مايكروسوفت» ـ مليارات الدولارات في هذا المجال. وفي العام الماضي، تساءل جيل برات ـ الرئيس السابق لمسابقة تحدي الروبوتات التي تنظمها وكالة الأبحاث المتطورة في وزارة الدفاع الأمريكية ـ عما إذا كانت الروبوتات ستشهد فترة من الازدهار والتنوع على غرار «انفجار كامبري»، (G. A. Pratt *J. Econ. Perspect.* **29**, 51–60; 2015). ورغم أنه لا يوجد حتى الآن روبوت واحد يحاكي قدرة طفل رضيع على التعلم، يرى برات أن الروبوتات لا تزال تتمتع بميزة هائلة؛ ألا وهي قدرتها على التواصل فيما بينها عبر الإنترنت بسرعات أعلى مائة مليون مرة من البشر الذين يتواصلون فيما بينهم بسرعة 10 بت في الثانية. وسيؤدي ذلك ـ حسب قوله ـ إلى عدد كبير من الروبوتات التي ستستفيد من قدرة بعضها البعض على التعلم السريع كسرعة البرق. وقد تم اختيار برات في سبتمبر الماضي ليرأس «معهد تويوتا للأبحاث»، وهو مركز جديد متخصص في أبحاث الروبوتات والذكاء الاصطناعي، أُنشئ بتمويل قدره مليار دولار أمريكي، ومقره في بالو ألتو بكاليفورنيا.

يرى العديد من الباحثين أن الاستعداد لهذا العالَم الجديد ضروري. تقول فايفاي لي: «نحتاج إلى التحلِّي بقَدْر أعلى من المسؤولية عند تصميم هذه الروبوتات وتشغيلها، خاصةً أنها تصبح أقوى يومًا بعد يوم». ففي يناير 2015، وجَّه كلٌّ من إيلون ماسك، وبيل جيتس، وستيفن هوكينج خطابًا عامًّا؛ يدعو إلى تكثيف الأبحاث في مجال تعظيم الاستفادة من الذكاء الاصطناعي، وتجنب المعوقات المحتملة. وقد بلغ عدد التوقيعات على هذا الخطاب حتى الآن أكثر من 8,000 توقيع.

> «نعيش اليوم في عالَم يختلف تمامًا - إلى حدٍّ مثير للدهشة - عن العالَم الذي عاش فيه آباؤنا».

إنّ التنبؤات المستقبلية ليست رهانًا مضمونًا، وليس الجميع مقتنعين بأن البشرية ستشهد تحولات تقنية بهذه السرعة، فعلى سبيل المثال.. يشكك كين جولدبيرج ـ وهو مهندس في جامعة كاليفورنيا بمدينة بيركلي ـ في فكرة تطور التقنيات بسرعة كبيرة في جميع المجالات، أو في تطور بعضها إلى ما لا نهاية، ويقول: «مكمن الخطورة في التفاؤل المفرط هو بناء توقعات غير واقعية، قد تنتهي بأزمة جديدة تعصف بمستقبل الذكاء الاصطناعي»، مشيرًا بذلك إلى فترات في تاريخ الذكاء الاصطناعي، أدَّت فيها المبالغة إلى خيبة أمل، أعقبها نقص حاد في التمويل. ويرى جولدبيرج أن التحذيرات الأخيرة من خطر تفوق الذكاء الاصطناعي والروبوتات على الذكاء البشري «مُبالَغ فيها إلى حد كبير».

ويشكك ستيوارت راسل ـ عالِم الحاسبات في جامعة كاليفورنيا بمدينة بيركلي ـ في فكرة حدوث قفزات جوهرية حتمية، ناتجة عن التطورات التقنية السريعة، ويقول: «حتى لو كان لدينا أجهزة كمبيوتر أسرع تريليون مرة، فلن نصل إلى ذكاء اصطناعي يضاهي مستوى ذكاء البشر، أو حتى نصفه. ويمكننا القول إننا سنحصل على إجابات خاطئة أسرع تريليون مرة من ذي قبل. وما يهم حقًّا هو التطورات التصوُّرية والخوارزمية التي يصعب التنبؤ بها».

لم يوقِّع راسل على خطاب هوكينج، موقنًا بأنه من الضروري عدم تجاهل حقيقة أن التقنية قد تتسبب في مخاطر محتمَلة وعواقب وخيمة. يقول: «لقد ارتكبنا الخطأ ذاته مع تقنيات الوقود الحفري قبل 100 عام، وها قد فات أوان تَدَارُك الأمر». ■

دكلان باتلر مراسل صحفي أول، يعمل لصالح دورية *Nature*.

أجيال المستقبل
عدد خاص من دوريـــة *Nature*
nature.com/futuregenerations

نظرة إلى المستقبل

توقعات الخبراء

ستشهد الروبوتات ازدهارًا محتملًا واسع النطاق، يصاحبه تنوع مذهل ومتزايد في الآلات. وستتواصل الروبوتات تواصلًا بينيًّا بسرعات أعلى 100 مرة من البشر، مما سيتيح لها تبادل الخبرات والاستفادة المضاعفة من قدرتها على التعلم السريع كسرعة البرق.

جيل برات

رئيس معهد تويوتا للأبحاث، بالو ألتو، كاليفورنيا.

إلى المستقبل!

تتضافر كل هذه العوامل الآن، لتدفع بالتقنيات المستقبلية من المختبر إلى خارج المختبر، وتضعها على المسار نفسه الذي تسلكه الحواسب الشخصية، والأجهزة الإلكترونيات الاستهلاكية.

محركات التطور

4 آلات حية

بحلول عام 2020، سوف يصل عدد المستشعرات والأجهزة المتصلة في المباني والمدن والمزارع (ما يُعرف بشبكة الأشياء) إلى ضعفي عدد سكان الأرض.

مليارات الوصلات بين الآلات

السنة	مليارات الوصلات
2014	3.3
2015	4.1
2016	5.2
2017	6.6
2018	8.4
2019	10.5

التوقعات

5 ازدهار علم الأحياء

يسهم تطور المفاهيم والتقنيات في تقدم علم الأحياء، وخفض تكلفة عمل تسلسل الحمض النووي بمعدلات كبيرة، ويرتفع عدد التسلسل منذ عام 1985. ويشهد علم الأعصاب وتقنية النانو الأحيائية تطورًا مماثلًا.

التسلسل (بالمقياس اللوغاريتمي)

1,000,000,000 · 100,000,000 · 10,000,000 · 1,000,000 · 100,000 · 10,000 · 1,000

سجلات التسلسل في بنك الجينات

تسلسل الجينوم الكامل

1985 · 2004 · 2015

6 اطبع ما تشاء

تصبح الطباعة ثلاثية الأبعاد أرخص وأسرع، مما قد يُحدث ثورة في التصنيع، ويسهل إنتاج أعداد أكبر من الروبوتات بتكلفة أقل.

سرعة الطباعة

السنة	السرعة
2013	10 سم³ لكل ساعة
2018	40 سم³ لكل ساعة
2023	80 سم³ لكل ساعة

7 ازدهار الروبوتات

ستشهد مبيعات الروبوتات ارتفاعًا صاروخيًّا مع زيادة إمكانياتها، وانخفاض أسعارها، وهو ما يعززه الاستثمار الضخم في الذكاء الاصطناعي من كلٍّ من القطاع العسكري، وعمالقة الحوسبة، مثل «جوجل».

سوق الروبوتات العالمية (مليار دولار)

- المجال العسكري: الهياكل الخارجية، والطائرات بدون طيار
- المجال الصناعي: اللحام، والتجميع، والطلاء
- المجال التجاري: الطب، والبناء والتشييد، والزراعة
- الاستخدام الشخصي: التنظيف، والتعليم، ورعاية الأطفال

2005 · 2010 · 2015 · 2020 · 2025

التوقعات

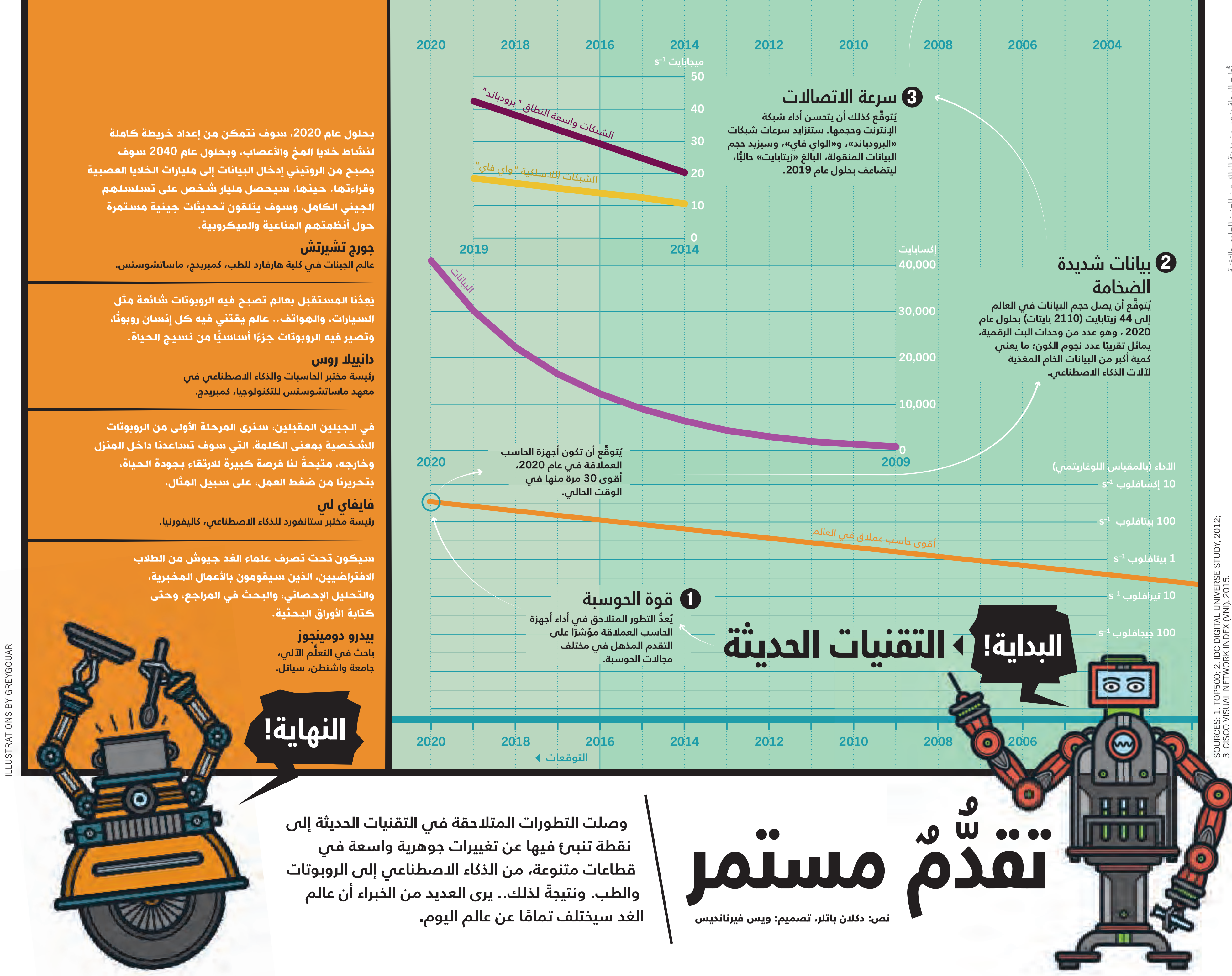
SOURCES: 4. CISCO VNI GLOBAL IP TRAFFIC FORECAST, 2014–2019; 5. NCBI; 6. EPSRC; DIRECT MANUFACTURING RESEARCH CENTER; ROLAND BERGER; 7. INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS, JAPAN ROBOT ASSOCIATION; JAPAN MINISTRY OF ECONOMY, TRADE & INDUSTRY; EUROBOTICS; BCG.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تقدُّمٌ مستمر

نص: دكلان باتلر، تصميم: ويس فيرنانديس

وصلت التطورات المتلاحقة في التقنيات الحديثة إلى نقطة تنبئ فيها عن تغييرات جوهرية واسعة في قطاعات متنوعة، من الذكاء الاصطناعي إلى الروبوتات والطب. ونتيجةً لذلك.. يرى العديد من الخبراء أن عالم الغد سيختلف تمامًا عن عالم اليوم.



بحلول عام 2020، سوف نتمكن من إعداد خريطة كاملة لنشاط خلايا المخ والأعصاب، وبحلول عام 2040 سوف يصبح من الروتيني إدخال البيانات إلى مليارات الخلايا العصبية وقراءتها. حينها، سيحصل مليار شخص على تسلسلهم الجيني الكامل، وسوف يتلقون تحديثات جينية مستمرة حول أنظمتهم المناعية والميكروبية.

جورج تشيرتش
عالم الجينات في كلية هارفارد للطب، كمبريدج، ماساتشوستس.

يَعِدُنا المستقبل بعالم تصبح فيه الروبوتات شائعة مثل السيارات، والهواتف.. عالم يقتني فيه كل إنسان روبوتًا، وتصير فيه الروبوتات جزءًا أساسيًّا من نسيج الحياة.

دانييلا روس
رئيسة مختبر الحاسبات والذكاء الاصطناعي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، كمبريدج.

في الجيلين المقبلين، سنرى المرحلة الأولى من الروبوتات الشخصية بمعنى الكلمة، التي سوف تساعدنا داخل المنزل وخارجه، متيحةً لنا فرصة كبيرة للارتقاء بجودة الحياة، بتحريرنا من ضغط العمل، على سبيل المثال.

فايفاي لي
رئيسة مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي، كاليفورنيا.

سيكون تحت تصرف علماء الغد جيوش من الطلاب الافتراضيين، الذين سيقومون بالأعمال المخبرية، والتحليل الإحصائي، والبحث في المراجع، وحتى كتابة الأوراق البحثية.

بيدرو دومينجوز
باحث في التعلُّم الآلي، جامعة واشنطن، سياتل.

ILLUSTRATIONS BY GREYGOUAR

SOURCES: 1. TOP500; 2. IDC DIGITAL UNIVERSE STUDY, 2012; 3. CISCO VISUAL NETWORK INDEX (VNI), 2015.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ما بعد قانون «مور»

إم. ميتشيل والْدروب

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

قريبًا.. يتخلَّى قطاع صناعة أشباه الموصلات عن التزامه بقانون «مور».. وهنا تبدأ الإثارة.

كان من المتوقَّع أن يعلن رسميًّا قطاع صناعة أشباه الموصلات حول العالم في فبراير الماضي الحقيقة التي أخذت تتضح تدريجيًّا أمام كل الجهات والأطراف المعنية، وهي اقتراب قانون «مور» من نهايته، وهو القانون الذي تدين له بالفضل ثورة تكنولوجيا المعلومات التي بدأت في الستينات.

ينص قانون «مور» على أن عدد الترانزستورات الموجودة في شريحة معالِج دقيق يتضاعف كل عامين تقريبًا، ما يعني تضاعف أدائها أيضًا؛ وهو المبدأ العام المهيمن على مجال الحوسبة. وقد أسفر ذلك عن تحول أجهزة الكمبيوتر المنزلية الأولية في السبعينات إلى أجهزة الثمانينات والتسعينات المعقدة والمتطورة، ثم ظهور شبكة الإنترنت عالية السرعة، وكذلك الهواتف الذكية، والسيارات الموصَّلة بالكهرباء، والثلاجات، ومنظمات الحرارة، المنتشرة الآن بكثرة.

إنّ ذلك لم يكن ضروريًّا، إذ اختار مصنِّعو الشرائح الإلكترونية طواعية الالتزام بقانون «مور». وفي كل مرحلة كان مطوِّرو البرمجيات يأتون بتطبيقات تستهلك إمكانات الشرائح الإلكترونية المتوفرة كلها؛ ثم يطالب المستهلكون بالمزيد؛ فيسارع المصنِّعون بتلبية طلباتهم بإنتاج جيل جديد من الشرائح. ومنذ التسعينات، يُطْلِق قطاع صناعة أشباه الموصِّلات خريطة طريق بحثية جديدة كل سنتين، لتنسيق عمل مئات المصنِّعين والمورِّدين، لضمان مواكبة أعمالهم لقانون مور؛ ويُطلَق على تلك الاستراتيجية أحيانًا «المزيد من قانون مور». وبشكل كبير، بفضل هذه الخريطة، استطاعت أجهزة الحاسب تطوير إمكاناتها وأدائها وفقًا للقانون، من أجل مواكبة المطالب المضاعفة.

لم يدم ذلك طويلًا، فقد بدأت مسألة التضاعف في التعثر، بسبب الحرارة التي تنبعث حتمًا إثر تزاحم المزيد من دوائر السيليكون في مساحة صغيرة، كما ظهرت في العشر سنوات الأخيرة قيود أساسية أخرى. فالمعالجات الدقيقة الأحدث الآن تحتوي على دوائر إلكترونية، يبلغ عرضها 14 نانومترًا، أي أصغر من معظم الفيروسات، إلا أنه بحلول العشرينات من القرن الحالي، حسب قول باولو جارجيني ـ رئيس المنظمة المسؤولة عن وضع خريطة الطريق ـ «حتى مع الجهود الدؤوبة الضخمة، سنصل إلى حد 2-3 نانومتر، حيث سيكون عرض الدوائر 10 ذرات فقط. فهل يسمى هذا جهازًا أصلًا؟» على الأرجح، لا.. فعند هذا المستوى، تخضع حركة الإلكترونات لشكوك كمية، تجعل من الصعب الاعتماد على الترانزستورات. ورغم الجهود البحثية الحثيثة، لم يظهر بعد بديل واضح للتكنولوجيا المعتمِدة على السيليكون المستخدَمة اليوم.

ولأول مرة، تقوم خريطة الطريق الجديدة بوضع خطة للبحث والتطوير، لا تتمركز حول قانون «مور»، لكنها تتبع بدلًا منه استراتيجية، يمكن تسميتها «ما بعد قانون مور». فبدلًا من تحسين الشرائح الإلكترونية، ثم تطوير تطبيقات مناسبة لها، تبدأ الاستراتيجية بتطوير التطبيقات ـ بدءًا من الهواتف الذكية والحواسيب الفائقة، حتى مراكز البيانات في السحابة الحاسوبية ـ ثم العمل نحو تحديد الشرائح الإلكترونية المناسِبة لدعمها. ومن بين هذه الشرائح ستظهر أجيال جديدة من أجهزة الاستشعار، ودوائر إدارة استهلاك الطاقة، وغيرها من الأجهزة الإلكترونية المطلوبة في عالم تتحول فيه نظم الحوسبة الآن بشكل متزايد لأنْ تصبح متنقلة.

إن هذا التغير في المشهد قد يؤدي بدوره إلى كسر عادة توحيد الصف نحو اتباع قانون مور في هذا القطاع. يقول دانْيل ريد، عالم الكمبيوتر ونائب رئيس الأبحاث بجامعة آيوا في مدينة آيوا: «يجد الجميع صعوبة في فهم ما تعنيه خريطة الطريق حقًّا». فقد أعلن بالفعل اتحاد صناعة أشباه الموصلات «SIA» في واشنطن العاصمة، الذي يمثل كبرى الشركات الأمريكية، أنه سيتوقف عن المشاركة في جهود رسم خريطة الطريق فور صدور التقرير، وسيركز على أجندة البحث والتطوير الخاصة به.

ILLUSTRATION BY REBECCA MOCK

يتفق الجميع على أن خفوت نجم قانون «مور» لا يعني نهاية مسار التطور في هذا المجال. ويقول ريد: «فلنتذكر ما حدث في قطاع صناعة الطائرات.. فطائرة بوينج طراز 787 ليست أسرع مما كان عليه طراز 707 في الخمسينات، لكنهما مختلفان تمامًا»، وذلك لوجود ابتكارات جديدة متفاوتة، بدءًا من أجهزة التحكم الإلكتروني الكامل، حتى الهيكل المصنوع من ألياف الكربون. وهو ما سيحدث في أجهزة الكمبيوتر، كما يقول: «بكل تأكيد سيستمر الابتكار، لكنه سيكون أكثر دقة، وأكثر تعقيدًا».

تنحية القانون جانبًا

استهل جوردون مور مقاله[1] الذي نشره في عام 1965 ـ وكان سببًا في شهرته ـ بالتأمل فيما يمكن عمله بالدوائر المتكاملة، التي كانت وقتها تقنية حديثة للغاية. فحين كان مديرًا للأبحاث بشركة «فيرتشايلد» لأشباه الموصلات بسان هوزيه في ولاية كاليفورنيا، تنبَّأ مور بظهور عدة ابتكارات عجيبة في المستقبل، كأجهزة الكمبيوتر المنزلية، وساعات اليد الرقمية، والسيارات الآلية، و«معدات الاتصال الشخصي المحمولة»، أو الهواتف المحمولة، كما نعرفها الآن، لكن أهم ما في المقال كان محاولته تحديد إطار زمني لظهور تلك الابتكارات. ولقياس القدرة الحاسوبية للمعالِج الدقيق، اتجه مور نحو الترانزستورات، وهي مفاتيح التشغيل والإيقاف التي تجعل من عملية الحوسبة عملية رقمية. وبناء على إنجازات شركته والشركات الأخرى في السنوات القليلة السابقة لذلك، قدَّر مور أن عدد الترانزستورات وغيرها من المكونات الإلكترونية في كل شريحة يتضاعف كل عام.

اتضح فيما بعد أن مور ـ الذي شارك لاحقًا في تأسيس شركة «إنتل» في مدينة سانتا كلارا بكاليفورنيا ـ قد أساء التقدير. وفي عام 1975، عدَّل تقديراته إلى عامين[2]؛ لتصبح أكثر واقعية. وقد كان له رؤية ثاقبة، إذ بدأت توقعاته للمستقبل في التحقق في السبعينات والثمانينات مع ظهور المنتجات الاستهلاكية المزوَّدة بمعالجات دقيقة، مثل آلات الحاسبة اليدوية «هيوليت باكارد»، وكمبيوتر «أبل آي آي»، وكمبيوتر «آي بي إم» الشخصي. ولم يلبث أن زاد الإقبال على مثل هذه المنتجات بصورة هائلة، وانخرط المصنِّعون في منافسة حامية؛ لتوفير شرائح بقدرات أكبر، وبأحجام أصغر (انظر: «إرث مور المعرفي»)، إلا أن ذلك كان مكلفًا للغاية، فتحسين أداء المعالجات الدقيقة يتطلب تصغير عناصر دوائرها الإلكترونية، حتى يمكن وضع المزيد من الدوائر في الشريحة نفسها؛ ما يُمَكِّن الإلكترونات من الحركة فيما بينها بشكل أسرع. وبدوره، تَطَلَّب ذلك إجراء تعديلات كبيرة في تكنولوجيا الليثوغرافيا الضوئية، وهي التقنية الأساسية المستخدَمة في تثبيت تلك العناصر المجهرية على سطح مصنوع من السيليكون، إلا أن الازدهار الكبير والرواج الهائل للفكرة جعل الشركات لا تكترث كثيرًا للعناء المصاحِب للأمر، وبدأت دورة من التعزيز الذاتي في هذا القطاع. كانت الشرائح الإلكترونية متنوعة جدًّا، فعَزَم المصنِّعون على تصنيع أنواع قليلة فقط، انحصرت في معظمها على المعالجات وشرائح الذاكرة، وبيعها بكميات هائلة؛ ما دَرَّ عليهم أرباحًا كانت كافية لتغطية تكاليف تحديث وتطوير منشآت التصنيع الخاصة بهم (أو ما يُسمى fabs)، وكذلك خفض الأسعار. وبدوره، أدَّى ذلك إلى زيادة الطلب عليها أكثر وأكثر.

وسرعان ما اتضح أن هذه الدورة الخاضعة لمتطلبات السوق لن تستطيع وحدها اللحاق بالإيقاع اللاهث لقانون مور، إذ أصبحت عملية تصنيع الشرائح الإلكترونية عالية التعقيد، متضمنة عادةً مئات من المراحل. وهو ما كان يعني أن تصغير الحجم أكثر يتطلب شبكة أكبر من مورِّدي المواد الخام ومصنِّعي الأدوات، لإتمام التحسينات المطلوبة في الوقت المناسب. ويصف صعوبة الأمر عالِم الاقتصاد كينيث فلام، الذي يدرس صناعة الكمبيوتر في جامعة تكساس في مدينة أوستن، قائلًا: «إذا كنتَ تحتاج 40 أداة من الأدوات، وكان لديك 39 منها فقط؛ فسيتوقف كل شيء».

ولتحقيق هذا التنسيق، وضع القطاع أول خريطة طريق له. يقول جارجيني إن الفكرة تتلخص في «أن يدرك الجميع بشكل تقريبي إلى أين يتجهون، ويمكنهم التحذير من أيِّ عقبات يرونها في الطريق المرسوم». بدأ قطاع صناعة أشباه الموصلات الأمريكي في وضع خريطة الطريق في عام 1991، بمشاركة مئات من المهندسين من شركات عدة في إعداد التقرير الأول، والنُّسَخ اللاحقة منه، وبرئاسة جارجيني، الذي كان حينها يشغل منصب مدير استراتيجية التكنولوجيا في شركة «إنتل». وفي عام 1998، تحولت تلك الجهود إلى «خريطة الطريق الدولية التكنولوجية لأشباه الموصلات»، بمشاركة جهات مرتبطة بهذا القطاع الصناعي في أوروبا، واليابان، وتايوان، وكوريا الجنوبية. وبما يتفق مع النهج الجديد، سيُطلق على تقرير العام الحالي اسم «خريطة الطريق الدولية للأجهزة والأنظمة».

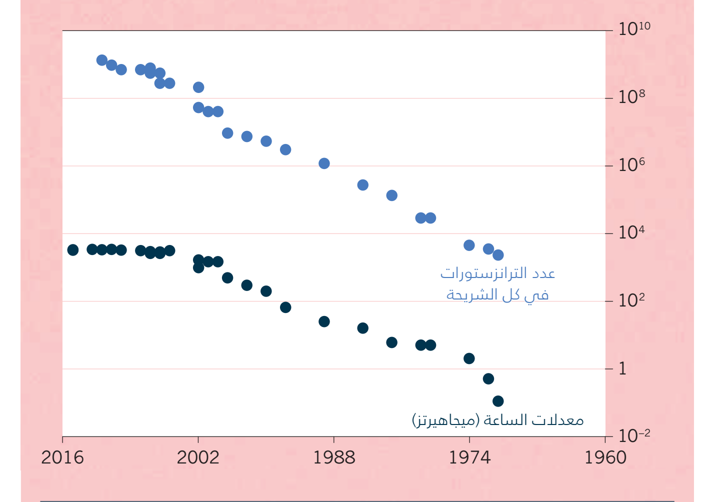
يقول فلام: «كانت تجربة مثيرة بشكل مدهش. وعلى حد علمي، لا يوجد شيء مماثل في أي قطاع صناعي آخر، حيث يجتمع كل المصنِّعين والمورِّدين للتفكير فيما سيفعلونه في المستقبل». ومن الناحية العملية، أدَّت خريطة الطريق الموضوعة إلى تحويل قانون «مور» من مجرد ملاحظة مبنية على تجارب، إلى نبوءة تتحقق ذاتيًّا؛ فالشرائح الجديدة تَبِعَت القانون، لأن القطاع

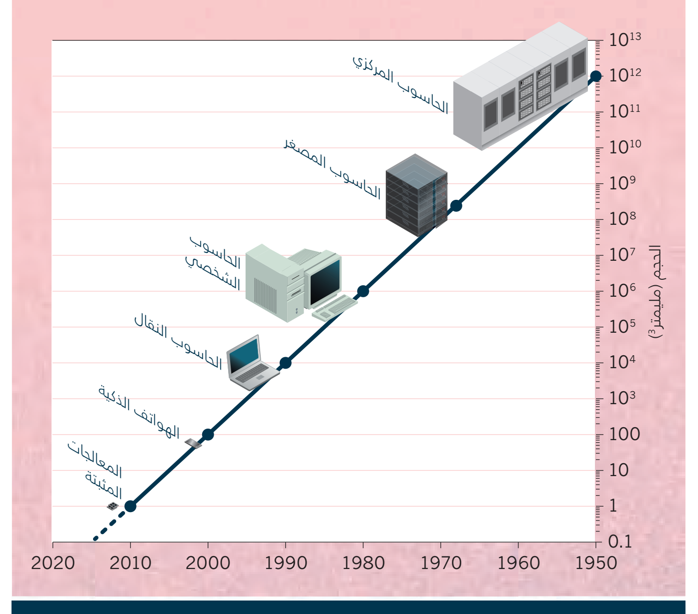
NATURE.COM
لتعرف أكثر عمّا هو آتٍ بعد قانون مور، قم بزيارة الرابط التالي:
go.nature.com/nppjyx

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إرث «مور» المعرفي

خلال العقود الخمسة الماضية، تضاعف عدد الترانزستورات في كل شريحة من شرائح المعالج الدقيق كل عامين تقريبًا، وفقًا لقانون مور (الصورة العلوية)، وهو ما يمثل قياسا تقديريًّا لقوة المعالجة. زادت الشرائح من معدلات الساعة أيضًا، أو معدل تنفيذ التعليمات، حتى عام 2004، حين تم تقييد السرعات؛ للحد من الحرارة المنبعثة. ومع تزايد قوة أجهزة الكمبيوتر وتقلص أحجامها، ظهرت فئة جديدة من الآلات كل عشرة أعوام تقريبًا (الصورة السفلية).





SOURCE: TOP, INTEL; BOTTOM, SIA/SRC

بأكمله حرص على التأكد من ذلك. ويقول فلام أن كل شيء كان يسير على ما يرام.. لكن ذلك لم يستمر.

التخلص من الحرارة

كانت العقبة الأولى متوقعة، إذ حذر منها جارجيني وغيره منذ عام 1989، إلا أن وطأتها كانت شديدة رغم ذلك.. وهي كون المكونات أصبحت صغيرة للغاية.

يقول بيل بوتومز، رئيس مجلس إدارة شركة «ثيرد ميلينيوم تيست سولوشانز» (Third Millennium Test Solutions)، القائمة على تصنيع المعدات في مدينة سانتا كلارا: «في السابق، كنا كلما صغرنا الحجم يتحسن الوضع بشكل تلقائي.. تعمل الشرائح بشكل أسرع وتستهلك كهرباء أقل». لكن مع بداية الألفية الثانية، عندما قلّ حجم المكونات عن 90 نانومتر، لم يعد يحدث هذا التحسن التلقائي. فمع تزايد سرعة حركة الإلكترونات بين دوائر السيليكون التي يصغر حجمها بشكل مستمر، تزيد حرارة الشرائح بشكل كبير.

كانت تلك مشكلة جوهرية؛ فالحرارة يصعب التخلص منها، ولا يريد أحد أن يشتري هاتف محمول يحرق يده. لذا اتجه المصنعون نحو الحل الوحيد أمامهم، كما يقول جارجيني. بدايةً، توقفوا عن محاولة رفع معدلات الساعة، أي مدى سرعة تنفيذ المعالجات الدقيقة للأوامر التي تتلقاها؛ ما نجح في وضع حد لسرعة حركة الإلكترونات في الشرائح، كما حد من قدرتها على توليد الحرارة؛ ولم تتغير معدلات الساعة القصوى منذ عام 2004.

للإبقاء على إلتزام الشرائح بمنحنى الأداء تبعًا لقانون مور رغم الحد من السرعة، قام المصنعون بعد ذلك بإعادة تصميم الدوائر الكهربية الداخلية، بحيث لم تعد تحتوي كل شريحة على معالج واحد، أو «نواة»، بل اثنين أو أربعة أو أكثر (المعتاد اليوم في أجهزة الكمبيوتر والهواتف المحمولة أن تحتوي كل شريحة على أربعة معالجات أو ثمانية). يقول جارجيني أنه، نظريًا، «من خلال أربع نويات تعمل بسرعة 250 ميجاهيرتز تستطيع أن تحصل على نفس النتيجة التي تحصل عليها باستخدام نواة واحدة تعمل بسرعة 1 جيجاهيرتز». لكن فعليًا، يعني استخدام ثمانية معالجات أنه يجب تقسيم المشكلة إلى ثمانية أجزاء، ما يعتبر بالنسبة للعديد من الخوارزميات أمرًا شبه مستحيل. «والجزء الذي لن تتمكن من موازاته، سيحد من تحسّن الأداء»، كما يقول جارجيني.

حتى في هذه الحالة، بالجمع مع التصميمات الجديدة المبتكرة لتعويض تسرب الإلكترونات وغيرها من التأثيرات، مكّن الحلّان مصنعو الشرائح من الاستمرار في تقليص دوائرهم الإلكترونية مع إبقاء أعداد الترانزستورات في توافق مع قانون مور. والسؤال الآن هو: ماذا سيحدث في بدايات العشرينات من القرن الحالي حين لا يصبح التصغير ممكنًا باستخدام السيليكون مع ظهور التأثيرات الكمية في المشهد؟ ما هي الخطوة التالية؟ «مازلنا نعافر»، يقول آن تشين، وهو مهندس كهربائي في شركة تصنيع الشرائح الدولية «جلوبال فاوندريز» Global Foundries في سانتا كلارا بكاليفورنيا، كما رأس لجنة مختصة بخريطة الطريق الجديدة، تعمل على البحث في هذه المسألة.

لا يرجع ذلك لنقص في الأفكار، فأحد الاحتمالات هو تبني نموذج جديد تمامًا، كالحوسبة الكمية التي تعد بزيادة سرعة بعض العمليات الحسابية بشكل كبير، أو الحوسبة العصبية التي تعمل على نمذجة عناصر المعالجة في الخلايا العصبية في المخ. لكن أي من هذه النماذج البديلة لم يخرج عن إطار المختبرات. ويرى الكثير من الباحثين أن الحوسبة الكمية ستوفر مزايا لتطبيقات محدودة فقط، لا للمهام اليومية التي تتفوق فيها الحوسبة الرقمية. ويتساءل جون شاف، رئيس أبحاث علوم الكمبيوتر بمختبر لورنس بيركلي القومي في بيركلي بكاليفورنيا: «ما المغزى من أن تقوم بعمل توازن كمي لدفتر شيكات؟»

الإختلافات المادية

من ناحية أخرى، هناك نهج مختلف لا يزال في الإطار الرقمي، هو السعي لإيجاد «مفتاح المللي فولت»، وهي مادة يمكن استخدامها في الأجهزة، تبلغ سرعتها على الأقل نفس سرعة نظيراتها المصنوعة من السيليكون؛ لكنها تولد حرارة أقل بكثير. وهناك العديد من المواد المرشحة لذلك، بدءًا من المركبات ثنائية الأبعاد الشبيهة بالجرافين، وحتى مواد الإلكترونيات المغزلية التي تقوم بعملية الحوسبة عن طريق قلب اتجاه دوران الإلكترونات بدلًا من تحريكها.. «هناك مساحة هائلة للبحث ستُكشف بمجرد خروجك من حدود التقنيات الموجودة حاليًا»، كما يقول توماس تايس، عالم الفيزياء الذي يدير مبادرة الإلكترونيات النانوية بمؤسسة أبحاث أشباه الموصلات (SRC)، وهي عبارة عن ائتلاف يقوم بتمويل الأبحاث، يقع في دورهام بولاية كارولينا الشمالية.

لكن للأسف لم ينجح أي مفتاح مللي فولت في الخروج من إطار المختبر، ما يترك أمامنا النهج المعماري فقط، الذي ينص على ما يلي: استمر في استخدام السيليكون، لكن قم بضبطه بطرق جديدة تمامًا. أحد الخيارات الشهيرة هو أن تتجه نحو الأبعاد الثلاثية، فبدلًا من حفر دوائر كهربية مسطحة على سطح رقاقة من السيليكون، قم ببناء ما يشبه ناطحات السحاب، عن طريق وضع عدة طبقات رقيقة من السيليكون فوق بعضها، يكون محفورا في كل منها دوائر إلكترونية دقيقة. من حيث المبدأ، يمكن لذلك أن يتيح وضع إمكانات حوسبية أكبر في نفس المساحة. لكن عمليًا، لا ينجح هذا الأمر الآن سوى في حالة شرائح الذاكرة، التي لا تعاني من مشكلة الحرارة؛ ذلك لأنها تستخدم الدوائر التي تستهلك الكهرباء في حال محاولة الوصول إلى خلية ذاكرة فقط، وهو أمر قليل الحدوث. أحد الأمثلة على ذلك هو تصميم مكعب الذاكرة الهجينة، وهو عبارة عن نحو ثماني طبقات من شرائح الذاكرة متراصة فوق بعضها، يعمل عليه الآن اتحاد صناعي أطلقته شركة سامسونج والشركة التي تعمل في صناعة شرائح الذاكرة Micron Technology، القائمة في بويسي بولاية ايداهو.

أما المعالجات الدقيقة فتمثل تحديًا أكبر، إذ أن رص طبقات من العناصر الساخنة فوق بعضها يرفع من حرارتها. وأحد طرق التغلب على ذلك هو التخلص من شرائح الذاكرة والمعالجات الدقيقة المنفردة، ومن ثم التخلص من الكم الهائل من الحرارة –50% منها على الأقل – التي تولدها حركة تنقّل البيانات مجيئًا وذهابًا بين الشريحتين. فبدلًا من رص الطبقات، يتم دمج المعالجات الدقيقة في هيكل واحد نانوي مرتفع.

إلا أن ذلك أمر مخادع بعض الشيء.. يختلف الجيل الحالي من المعالجات الدقيقة وشرائح الذاكرة بدرجة كبيرة عن بعضه، حتى أنه لا يمكن تصنيعهم جميعًا بنفس المعدات، ويحتاج

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وضعها فوق بعضها عملية إعادة تصميم كاملة لبِنْيَة الشريحة الإلكترونية. وتأمل مجموعات بحثية عديدة في أن تنجح في ذلك. ومن ثم، قام المهندس الكهربائي سوباسيش مترا وزملاؤه بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا بتطوير تصميم هجين، يقوم برَصّ وحدات الذاكرة فوق بعضها، مع ترانزستورات مصنوعة من أنابيب نانوية كربونية، تنقل هي الأخرى التيار من طبقة إلى أخرى[3]. وتعتقد هذه المجموعة أن بوسع هذا التصميم أن يخفِّض الطاقة المستخدَمة، لتقلّ عن واحد في الألف من تلك التي تستخدمها الشرائح العادية.

نحو عالَم متنقل

أما العقبة الثانية التي تقف أمام قانون مور فقد كانت مفاجئة بعض الشيء، لكنها ظهرت تقريبًا في نفس التوقيت الذي ظهرت فيه العقبة الأولى.. وهي التحول نحو الحوسبة المتنقلة.

فقبل خمس وعشرين عامًا، تحددت قدرات الحوسبة وفقًا لاحتياجات الحاسبات المكتبية والحاسبات النقالة، وكانت الحواسيب الفائقة ومراكز البيانات تستخدم المعالجات الدقيقة نفسها بشكل أساسي، لكن بأعداد أكبر بكثير. غير أن الحال تبدل تمامًا الآن، إذ أصبحت الحوسبة تتحدد بما تفعله الهواتف الذكية والحاسبات اللوحية المتطورة، ناهيك عن الساعات الذكية وغيرها من الأجهزة القابلة للارتداء، والفورة الحادثة في أعداد الأجهزة الذكية الخاصة بكل شيء، بدءًا من الجسور وحتى جسم الإنسان. وتختلف أولويات تلك الأجهزة المتنقلة بشكل كبير عن أولويات الحاسبات الأخرى الثابتة.

لم تعد مواكبة قانون مور بالأهمية ذاتها، كما في السابق. ويعود ذلك إلى انتقال التطبيقات والبيانات المتنقلة بشكل كبير إلى شبكة عالمية من مجموعات من الخوادم، تُعرف باسم السحابة الحاسوبية. وتستحوذ مجموعات الخوادم تلك في الوقت الحالي على سوق المعالِجات الدقيقة القوية المتطورة، التي تتبع قانون «مور». يقول ريد: «ما تقرِّر «جوجل» و«أمازون» شراءه يؤثر بشكل كبير على ما تقرِّر شركة «إنتل» فعله».

الأهم بالنسبة إلى الأجهزة المحمولة هو قدرتها على الاستمرار في العمل لفترات طويلة باستخدام طاقة البطارية، أثناء التفاعل مع الأجهزة المحيطة والمستخدمين؛ إذ تقوم الشرائح الإلكترونية في أي هاتف ذكي بإرسال واستقبال إشارات للمكالمات الصوتية والإنترنت اللاسلكي (Wi-Fi) والبلوتوث ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، مع استشعار اللمس والتقارب والتسارع والمجالات المغناطيسية، وحتى بصمات الإصبع. والأهم من ذلك.. يجب أن يتضمن الجهاز دوائر إلكترونية مخصصة الغرض لإدارة الطاقة بشكل جيد، حتى تمنع كل ذلك من استنزاف طاقة البطارية.

تكمن المشكلة التي تواجه مصنِّعي الشرائح الإلكترونية في عمل التخصص الجديد على هدم دورة التعزيز الذاتي الاقتصادية التي حافظت في السابق على استمرار قانون «مور». يقول ريد: «كان السوق يقوم على تصنيع أشياء قليلة مختلفة، وبيع الكثير منها.. أما السوق الجديدة، فتقوم على تصنيع أشياء كثيرة، وبيع بضع مئات الآلاف فقط من كل قطعة؛ ولذا.. ينبغي أن تكون تكلفة التصميم والتصنيع منخفضة جدًّا».

هاتان العقبتان تمثلان تحديًا مستمرًّا.. فمحاولة وضع تقنيتين، تم تصنيع كل منهما على حدة، لتعملا معًا بتناغم في جهاز واحد أشبه بالكابوس، على حد قول بوتومز، الذي رأس لجنة خريطة الطريق الجديدة، ويقول: «مكونات ومواد مختلفة وإلكترونيات ووحدات ضوئية وغير ذلك، نود جمعها مع بعضها.. فسيتطلب الأمر هياكل وتجارب محاكاة، ومفاتيح تشغيل جديدة، وما إلى ذلك من تقنيات».

أما بالنسبة إلى العديد من الدوائر الإلكترونية مخصصة الغرض، فلا تزال مسألة إعداد التصميم بطيئة ومكلّفة، إلا أن المهندس الكهربائي أليرتو سانجوفاني فينشنتيللي وزملاءه في جامعة كاليفورنيا في بيركلي يحاولون تغيير ذلك؛ فبدلًا من البدء من الصفر كل مرة، يرون أنه ينبغي على الناس إنتاج أجهزة جديدة، عن طريق مزج أجزاء كبيرة من الدوائر الإلكترونية الموجودة حاليًّا ذات الوظائف المعلومة[4]. يقول سانجوفاني فينشنتيللي: «الأمر أشبه بمكعبات ليجو».. إنه لتَحَدٍّ أن تحاول أن توفِّق المكعبات مع بعضها، لكن «إذا كنت ستستخدم أساليب التصميم القديمة؛ فستكون التكلفة عالية جدًّا».

ولا عجب في أن التكاليف تشغل بال مصنِّعي الشرائح الإلكترونية هذه الأيام. يقول بوتومز: «إن نهاية قانون مور ليست مسألة تقنية، بل هي مسألة اقتصادية»، فهناك شركات ـ خاصة شركة «إنتل» ـ لا تزال تحاول تقليص حجم المكونات، قبل اصطدامها بجدار التأثيرات الكمية، كما يقول، لكن «كلما قلَّصنا الحجم أكثر؛ ارتفعت التكاليف».

في كل مرة يتم فيها تقليص الحجم إلى النصف، يحتاج المصنِّعون إلى جيل جديد تمامًا من آلات الليثوغرافيا الضوئية الأدق. ويتطلب بناء خط تصنيع جديد اليوم استثمارات تبلغ مليارات من الدولارات، وهو ما لا يستطيع تحمُّله سوى بضع شركات فقط، كما أن عملية تجزئة السوق ـ التي تحفزها الأجهزة المتنقلة ـ تصعِّب من القدرة على استرجاع تلك الأموال فيما بعد. يقول بوتومز: «عند نقطة التحول القادمة، إذا ارتفعت تكلفة الترانزستور الواحد عن التكلفة الحالية؛ فستتوقف عملية التصغير تلك».

ويرى كثير من المراقبين أن القطاع الصناعي يقترب بشكل خطير من هذه النقطة بالفعل. يقول ريد: «أراهن على أن ما نملك من أموال سينفد قبل أن نستنفد كل قوانين الفيزياء المتاحة».

من المؤكد بالطبع أن ارتفاع التكاليف خلال العقد الماضي قد فرض توحيد الجهود بشكل كبير في مجال صناعة الشرائح الإلكترونية؛ إذ تنتمي غالبية خطوط الإنتاج في العالم الآن إلى حفنة نسبية من الشركات متعددة الجنسيات، مثل «إنتل»، و«سامسونج»، و«شركة تايوان لتصنيع أشباه الموصِّلات» في هسينشو. تملك هذه الشركات المصنِّعة العملاقة علاقات وثيقة مع الشركات التي تزودها بالمواد ومعدات التصنيع، فهم ينسقون فيما بينهم، ولم تعد خريطة الطريق مفيدة بالنسبة لهم. ويقول شين: «لا شك أن القدرة الشرائية لمصنِّعي الشرائح الآن أقل مما كانت عليه في السابق».

فمثلًا، ظلت شركة «إس آر سي» SRC ـ التي تقوم بدور الوكالة البحثية الخاصة بهذا القطاع في الولايات المتحدة ـ تقدِّم الدعم لخريطة الطريق لفترة طويلة، على حد قول ستيفن هيلينيوس، نائب رئيس الشركة.. «لكن إسهاماتها تلاشت منذ نحو ثلاث سنوات، إذ لم تر الشركات الأعضاء قيمة للأمر». والآن، تود شركة «إس آر سي» واتحاد صناعة أشباه الموصلات «SIA» فرض أجندة بحثية أساسية بمدى زمني أطول، وتأمين تمويل فيدرالي لها، في الغالب من خلال مبادرة البيت الأبيض الوطنية للحوسبة الاستراتيجية، التي أُطلقت في شهر يوليو من العام الماضي.

> «أراهن على أن ما نملك من أموال سينفد قبل أن نستنفد كل قوانين الفيزياء المتاحة».

وتحدِّد هذه الأجندة ـ التي نُشرت في تقرير[5] في شهر سبتمبر الماضي ـ ملامح التحديات البحثية المستقبلية.. فكفاءة استهلاك الطاقة أولوية ضرورية، خاصة في أجهزة الاستشعار الذكية المدمجة، التي تضم «إنترنت الأشياء»، التي ستحتاج إلى تكنولوجيا جديدة؛ كي تستمر في العمل دون بطاريات، باستخدام الطاقة المستخلَصة من الحرارة المحيطة والاهتزازات. كما أن القدرة على الاتصال أمر لا يقل أهمية؛ فهناك مليارات من أجهزة التجوال الحر تحاول التواصل مع بعضها البعض، وستحتاج السحابة الحاسوبية إلى سعة هائلة، يمكن الحصول عليها، إذا ما استطاع الباحثون التطرق إلى نطاق التيراهيرتز، الكامن في أعماق طيف الأشعة تحت الحمراء، الذي كان الوصول إليه يومًا ما غير ممكن. إن حماية البيانات مطلب أساسي، ويطالب التقرير بالبحث في طرق جديدة لتعزيز الحماية من الهجمات الإلكترونية وسرقة البيانات.

ستمنح هذه الأولويات وغيرها الباحثين الكثير من العمل خلال السنوات القادمة. ويشعر على الأقل بعض الخبراء من قلب القطاع بالتفاؤل، منهم شيخار بوركار، رئيس أبحاث المعالجات الدقيقة المتطورة في شركة «إنتل»، الذي يقر بأن قانون «مور» أوشك على نهايته بالفعل، لأنه لا يمكن أن تستمر أعداد الترانزستورات في الزيادة، على حد قوله، لكن من المنظور الاستهلاكي.. «ينص قانون «مور» على أن قيمة المستخدم تتضاعف كل عامين». لذا.. سيستمر القانون في البقاء، طالما استطاع المصنِّعون الاستمرار في إضافة وظائف جديدة في أجهزتهم.

إن الأفكار موجودة بالفعل، كما يقول بوركار.. و«مهمتنا هي تحويلها هندسيًّا إلى تصميمات فعلية». ■

إم. ميتشيل وَالْدروب، محرِّر تحقيقات لدى دورية *Nature*.

1. Moore, G. E. *Electronics* **38,** 114–117 (1965).
2. Moore, G. E. *IEDM Tech. Digest* 11–13 (1975).
3. Sabry Aly, M. M. *et al. Computer* **48**(12), 24–33 (2015).
4. Nikolic, B. *41th Eur. Solid-State Circuits Conf.* (2015); available at http://go.nature.com/wwljk7
5. *Rebooting the IT Revolution: A Call to Action* (SIA/SRC, 2015); available at http://go.nature.com/urvkhw

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



كبلر-186f، هو أول كوكب معروف خارج المجموعة الشمسية بحجم الأرض في منطقة ملائمة للحياة حول نجم (الصورة تمثِّل تصورًا فنيًّا).

الفلكيون يقتربون من معرفة ما تبدو عليه الكواكب التي تدور بعيدًا خارج المجموعة الشمسية

ضوء قادم من عوالم أخرى

جيف هيشت

قطرات الاكتشافات أصبحت سيولًا. بعد ما يزيد قليلًا عن عقدين من العثور على أوّل الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى، ارتفع عدد هذه الكواكب المكتشَفة بفضل الأجهزة المتطورة على كوكب الأرض وفي الفضاء؛ حتى تجاوز الآن 2,000 كوكب. وتضمنت الاكتشافات «كواكب مشتري حارة»، و«كرات أرضية فائقة»، وأجسامًا أخرى لا نظير لها في منظومتنا الشمسية؛ مما دفع الفلكيين إلى إعادة النظر جذريًّا في نظرياتهم عن كيفية تكوُّن المنظومات الكوكبية ونشوئها.

إنّ اكتشاف الكواكب ليس سوى البداية، والفلكيون يتحركون بضراوة نحو طور حاسم من البحث عن كواكب خارج المجموعة الشمسية، ثم معرفة ماهية تلك العوالم، لكن معظم تقنيات البحث عن الكواكب خارج المجموعة الشمسية لا تكشف إلا القليل بعيدًا عن كتلها، وحجومها، ومداراتها. فهل الكوكب صخري كالأرض، أم عملاق غازي كالمشتري؟ هل هو عالي الحرارة، أم شديد التجمد؟ مم يتكون غلافه الجوي؟ وهل يحتوي ذلك الغلاف الجوي على جزيئات، كالماء، والميثان، والأكسجين، بنِسَب غير متجانسة وغير مستقرة، يمكن أن تكون بصمة لوجود حياة؟

إن الأداة الوحيدة الموثوق فيها، التي يمكن للفلكيين استعمالها للتصدي لأسئلة من هذا النوع هي «التحليل الطيفي»، وهي تقنية تحلِّل أطوال موجات الضوء الوارد مباشرة من سطح الكوكب، أو المار عبر غلافه الجوي. فكل عنصر أو جزيء يولِّد أنماطًا مميزة من «الخطوط» ـ أي دفقات من انبعاثات الضوء، أو فجوات امتصاص للضوء عند أطوال موجات معروفة ـ وبذلك يمكن للراصدين النظر إلى طيف الجسم البعيد، واستخلاص أنواع المواد الموجودة فيه. وفي هذا الصدد يقول إيان كروسفيلد، الفلكي بجامعة أريزونا بمدينة توسون: «من دون تحليل طيفي، فإنك ـ إلى حد ما ـ تخمِّن ما تراه».

يتطلب التحليل الطيفي صورة واضحة للجسم عادة، وهذا ليس متوفرًا عمومًا في حالة الكواكب خارج المجموعة الشمسية؛ فمعظم العوالم الجديدة لا تظهر إلا على شكل تعتيم ضئيل للغاية لنجم، حين مرور كوكب غير مرئي أمامه، ولا تُعرف كواكب أخرى، إلّا من خلال تذبذبات ضئيلة لنجم يتأرجح نحو الأمام والخلف بتأثير جاذبية مُرَافِق له غير مرئي. ويقول الفلكيون غالبًا إن محاولة دراسة جسم من هذا القبيل تبدو كالتحديق في ضوء كشّاف بعيد (النجم)، ومحاولة رؤية حشرة طائرة (الكوكب) تحوم بالقرب منه.

وبرغم ذلك.. بدأ الراصدون في السنوات الأخيرة بتحقيق تقدُّم.. فقد استخلص بعضهم أطياف أضواء تمر عبر أجواء كواكب خارج المجموعة الشمسية، حين مرورها أمام أمهاتها من النجوم، وهذا يكافئ قياس لون جناحي الحشرة الطائرة أثناء رفرفتها خلال حزمة ضوء الكشاف. وحجب آخرون أضواء النجوم، بحيث يستطيعون رؤية كواكب خارج المجموعة الشمسية على مدارات بعيدة، وتسجيل أطيافها مباشرة.

وفي السنتين الماضيتين، بدأ الفلكيون بتسجيل أطياف بواسطة جيل جديد من الأجهزة المصنوعة خصيصًا لهذا الغرض، ومنها «مصوِّر الكواكب جيميني»، على تليسكوب «جيميني الجنوبي»، ذي قطر 8.1 أمتار عند قمة جبل سيرو باشون في تشيلي. وسوف يكون التحليل الطيفي للكواكب خارج المجموعة الشمسية من أولويات عدة تليسكوبات فضائية وأرضية قيد التطوير حاليًّا. وينتظر الفلكيون بصبر قارب على النفاد «تليسكوب جيمس ويب الفضائي» JWST التابع لوكالة ناسا، الذي سيوفر مقدرة على تجميع الضوء، وحساسية غير مسبوقتين للمهمة حين انطلاقها في عام 2018. وفي هذا الصدد يتحدث ثين كوري ـ الفلكي الذي يعمل في تليسكوب سوبارو الياباني

NASA AMES/JPL-CALTECH/T. PYLE

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

على جبل ماونا كيا بهاواي ـ قائلًا إنها لأوقات مثيرة حقًّا لأولئك الذين يأملون في فهم عميق لعوالم مكتشَفة حديثًا: «إننا على مشارف ثورة».

التحليل الطيفي العُبُوري

اكتُشف أول كوكب خارج المجموعة الشمسية يدور حول نجم شبيه بالشمس في عام 1995، وذلك عندما رصد ميشيل مايور، وديدير كيلوز ـ الفلكيان لدى مرصد جنيف بسويسرا ـ تأرجحًا منتظمًا نحو الأمام والخلف في حركة النجم «51 بيجاسي» Pegasi 51. وقد استنتجا[1] أنها ناجمة عن جاذبية كوكب، تساوي كتلته 150 ضِعْف كتلة الأرض على الأقل، أي نصف كتلة المشتري تقريبًا، ويدور حول النجم مرة كل أربعة أيام تقريبًا. وتَلَتْ ذلك اكتشافات أخرى مع ازدياد حُمَّى اكتشاف الكواكب خارج المجموعة الشمسية، وجعلت مديري التليسكوبات يتيحون مزيدًا من وقت الرصد لاصطياد الكواكب.

وولَّدت قائمة المكتشفات بعدئذ فكرة في ذهن الفلكي ديفيد شاربونو من مركز هارفارد سميثونيان للفيزياء الفلكية في كمبريدج بماساتشوستس. فقد برهن أنه عندما «يعبر» أو يمر كوكب أمام نجم، فإن جزيئات في غلافه الجوي سوف تمتص بعضًا من ضوء النجم، وتترك فيه بصماتها الطيفية التحليلية. فهل من الممكن كشْف تلك البصمات؟

لمعرفة ذلك.. قرر شاربونو البحث عن الصوديوم، وقال في هذا الصدد: «إنه ليس وفيرًا بالفعل، لكن للصوديوم صفات طيفية تحليلية شديدة الوضوح»؛ فجزيئاته المستثارة تصدِر خطين قويين جدًّا من الضوء، يعطيان أنوار الشارع المصنوعة من الصوديوم لونها الأصفر البرتقالي المعهود. وعندما يُضاء الصوديوم في الخلفية، فإن الضوء الذي ينتشر عبره يتصف بنطاقات معتمة عند النقاط نفسها من الطيف. وراود شاربونو أمل بأن تكون تلك النقاط سهلة الكشف.

وقد كانت سهلة بالفعل، حيث إنه في عام 2002، أعلن شاربونو وزملاؤه[2] أنهم استعملوا تليسكوب هابل الفضائي؛ لكشف إشارة صوديوم واردة من كوكب خارج المجموعة الشمسية بحجم المشترى، يعبر أمام النجم HD 209485 الذي يبعد بنحو 47 فرسخًا فلكيًّا (150 سنة ضوئية) عن الأرض. وكان ذلك أول كشف وأول قياس طيفي تحليلي للغلاف الجوي لكوكب خارج المجموعة الشمسية. وفي غضون بضع سنوات، كانت أرصاد العبور الفضائية تسجل مزيدًا من الأطياف الكاملة، وتكتشف غازات، منها أول أكسيد الكربون وبخار الماء.

إن استعمال هذه التقنية يعني البحث عن تغيرات ضئيلة جدًّا في طيف النجم، من رتبة جزء واحد من 10 آلاف جزء، حسب قول شاربونو. وكان تليسكوب هابل - وما زال - خيار الراصدين الأول في أجهزة الرصد، إذ ليس عليه مواجهة امتصاص الضوء الذي يحدث في غازات الغلاف الجوي للأرض، ولذا.. تكون أطيافه واضحة جدًّا، وسهلة التفسير، إلا أن التنافس على أوقات الرصد بواسطته شديد، ولذا.. يستعمل الفلكيون تليسكوبات أرضية أيضًا.

وعلى هذه التليسكوبات التعامل مع التداخل مع الغلاف الجوي، لكنها يمكن أن تتجاوزه بجَمْعها لضوء يفوق ما يستطيع تليسكوب هابل جمعه. وهذا يتيح كشف أجسام أكثر خفوتًا، وعزل سمات طيفية مفردة على نحو أوضح. وينجح ذلك.. لأن غالبية الكواكب خارج المجموعة الشمسية موجودة في منظومات نجمية تتحرك بالنسبة إلى الأرض؛ «ولذا.. فإن أطوال موجاتها منزاحة وفقًا لتأثير دوبلر»، حسب قول شاربونو، وهذا يعني أن الإشعاع الوارد منها ممطوط، أو مضغوط بحركتها، مُزيحًا الخطوط الطيفية قليلًا عن الخطوط الموافقة لها في الغلاف الجوي للأرض. ونظرًا إلى أن مجموعتي الخطوط الطيفية تكون غير متراكبة، يستطيع الراصدون أن يعرفوا بيقين مقدار الإشارة الواردة من الكوكب خارج المجموعة الشمسية. وباستعمال هذه الطريقة، استطاع الفلكيون كشْف غازات، لا تزيد نسبتها عن جزء واحد من 100 ألف جزء في الغلاف الجوي للكوكب.

وقد مَكَّن تطوير تقنية التحليل الطيفي العبوري الفلكيين من قياس الضوء المنعكس عن سطح الكوكب، وهم يفعلون ذلك حينما يتحرك الكوكب أمام نجمه، حيث سيصبح على الجانب البعيد من مداره، ويكون جانبه النهاري مواجهًا للأرض (انظر: «ظلال نجم»). ولن يكون الراصدون قادرين على رؤيته بوصفه جسمًا منفصلًا، لكنهم سيعرفون أن طيفه متحد مع طيف النجم، حسب قول نيكولاس كوان، الفلكي لدى معهد ماكجيل الفضائي في مونتريال بكندا. وبعدئذ بقليل، سوف يمر الكوكب خلف النجم وينحجب، وحينئذ يقول كوان: «ننتقل من رصد كوكب ونجم معًا إلى رصد نجم فحسب، وإذا قِسْنا الفرق في الفيض الضوئي؛ يمكننا معرفة مقدار الضوء الوارد من الكوكب». ويضيف قائلًا إن هذه عملية شاقة، لكنها يمكن أن تقيس الطيف تحت الأحمر لكوكب من حجم المشترى على مدار قريب، حتى لو كان سطوعه أقل من 0.1% من سطوع النجم.

كما يوجد تطبيق أشد طموحًا لهذه التقنية، وهو متابعة كوكب خارج المجموعة الشمسية على كامل مداره، بطرح الطيف الخاص بالنجم وحده أثناء انحجاب الكوكب. ويستطيع الراصدون الحصول على أطياف الغلاف الجوي للكوكب أثناء تغيُّر ظله من هلال رفيع فورًا بعد العبور، إلى نصف قمر حين ينزاح إلى الجانب، ثم إلى مشهد بدر كامل الوجه عند الجانب البعيد. وهذا يمكِّنهم من تكوين مخطط دقيق التفاصيل نسبيًّا للغلاف الجوي، ولكيفية تغيُّره مع الزمن. وقد أعلن كوان وزملاؤه[3] استعمال هذه التقنية في عام 2012 لأول مرة مع بيانات أشعة تحت حمراء من «تليسكوب سبيتزر الفضائي» التابع لناسا. وبيَّنوا أن الكوكب الخارجي HD 189733b كان أسخن ما يمكن ضمن حوالي 10 درجات عند خط استوائه، طبقًا للتوقعات. ومنذ ذلك الحين، استعمل باحثون آخرون تليسكوبي هابل، وسبيتزر[4]؛ لرسم مخططات للأغلفة الجوية للكواكب خارج المجموعة الشمسية بمزيد من التفصيل. يقول كوان إنه باستعمال تليسكوب «جيمس ويب» الفضائي «سوف يكون من السهل تكوين مخطط ثلاثي الأبعاد لِجَوّ كوكب مشترى حار»، إلا أن للتحليل الطيفي العبوري حدودًا في نهاية المطاف، فبعض الكواكب خارج المجموعة الشمسية يحتوي على غيوم ذات خصائص طيفية عديمة السمات، تتألف من قطرات أو جسيمات غبار دقيقة، لا تترك بصمة على الطيف بطريقة الجزيئات المنعزلة نفسها[5]. ويقول شاربونو إن تلك الغيوم تمثل صداعًا شديدًا، «فليس لدينا أي قياسات مباشرة لما يمكن أن تتكون منه الغيوم، وكل ما نعرفه هو أنها تحجب الضوء»، كما ينوِّه إلى أنها ليست مكوَّنة من بخار ماء بالضرورة، ويشير إلى أن الكرة الأرضية الفائقة GJ 1214b، الملتفة بالغيوم التي تبعد بمسافة 12 فرسخًا فلكيًّا عن الأرض على درجة من السخونة تجعل من الممكن لغيومها أن تكون مكوَّنة من كبريتيد الزنك، وكلوريد البوتاسيوم. وفي عوالم أشد سخونة، يمكن للغيوم أن تحتوي على قطرات من الحديد، أو الصخر.

إنها لأوقات مثيرة حقًّا لأولئك الذين يأملون في فَهْم عميق لعوالم مكتشَفة حديثًا.

وتشير ليزا كالتنيجر ـ مديرة معهد كارل ساجان في جامعة كورنيل في إيثاكا بنيويورك ـ إلى محدودية أخرى لهذه الطريقة، قائلة: «عندما يسقط الضوء على كوكب عابر، لا يُمتص فحسب، بل ينحني أيضًا في غلافه الجوي»، جاعلًا من المستحيل للراصد على الأرض أن يراه. وهذا الانحناء ـ الذي يُعرف بالانكسار ـ يزداد عندما يصبح الغلاف الجوي ذا سُمْك أكبر. وتقول إذا كان فلكيون فضائيون من هناك يحاولون الحصول على أرصاد تحليل طيفي للأرض، فإن الانكسار سيمنعهم من سبر أغوار أي شيء يقل ارتفاعه عن 10 كيلومترات من سطح الأرض[6]، ولكن معظم ماء الأرض موجود في مسافة الـ10 كيلومترات الأبعد عن الغلاف الجوي، ولذا.. تقول: «سوف يكون وجود الماء واحدًا من أصعب الأشياء التي يمكن العثور عليها في كوكب شبيه بالأرض خارج المجموعة الشمسية».

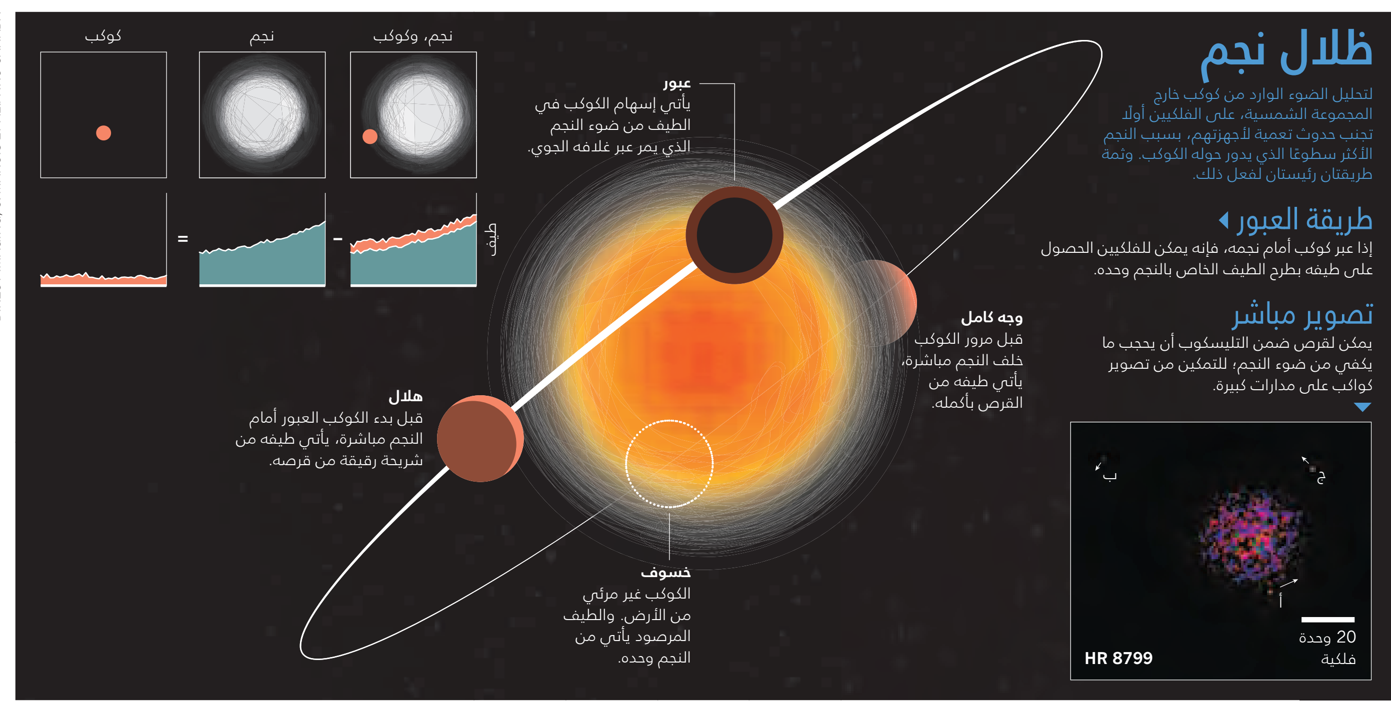
التصوير المباشر

إن الطريقة البديلة للعثور على كواكب خارج المجموعة الشمسية ودراستها، هي محاولة حجب ضوء نجومها وتصويرها مباشرة، وهذا يكافئ البحث عن الحشرة الطائرة بوضع اليد في مواجهة ضوء الكشاف؛ لكن المساعي الأولى لفعل ذلك كانت عديمة الجدوى: فحتى أكثر النجوم خفوتًا تعتبر أشد سطوعًا بكثير من الكوكب خارج المجموعة الشمسية. أما سر النجاح، فيكمن في البحث عن حشرات طائرة أكثر سطوعًا تجول بعيدًا عن ضوء الكشاف بما يكفي لرصدها، أي عن كواكب يافعة ما زالت متوهجة من حرارة التكوين، تدور على مدارات بعيدة عن نجومها. وقد جرى الإعلان عن التصوير المباشر لأوّل الكواكب خارج المجموعة الشمسية من قِبَل مجموعتين في الوقت نفسه في عام 2008، وتتضمن تلك الأجسام ثلاثة كواكب، عمرها يساوي حوالي 60 مليون سنة، وتدور حول النجم HR 8799 (المرجع 7)، وكوكبًا منفردًا، عمره يزيد على 100 مليون سنة، يدور حول النجم «فومالهوت»، (المرجع 8)، ونجمًا ساطعًا يبعد حوالي 8 فراسخ فلكية عن الأرض.

وللحصول على أطياف أجسام من هذا القبيل، الْتَفَتَ الفلكيون إلى البصريات المتكيفة، وهي تقنية تصحح تأثير تلألؤ النجم، الناجم عن الاضطراب في الغلاف الجوي للأرض، وتسهِّل كثيرًا رصد أي كوكب بالقرب منه. ومن الأشياء الضرورية هنا أيضًا أقراص تُوضع في مسار التليسكوب البصري؛ لحجب الضوء الوارد من النجم، إضافة إلى معالجات إشارات متطورة؛ من أجل زيادة دقة الصور رقميًّا.

«إن أطياف التصوير المباشر جميلة، وتعلِّمك الكثير عن الكواكب، وعن كيفية تكوُّنها»، حسب قول بروس ماكنتوش، الفلكي في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا، والمشارك في اكتشاف كواكب HR 8799. وفي عام 2011، أعلن مع زملائه[9] أول اكتشاف لبخار الماء على أحد تلك الكواكب، باستعمال جهاز تصوير مباشر من الجيل الأول، لم يستطع رصد سوى كواكب خارج المجموعة الشمسية ذات درجة حرارة أعلى من 1,000 كلفن. والآن، ماكنتوش هو الباحث الرئيس لدى

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



مصوِّر الكواكب «جيميني»، الذي يُعدُّ ـ مع جهاز القياس شديد التباين للاستقطاب الطيفي للبحث عن كواكب خارج المجموعة الشمسية المسمى «سفير» SPHERE، لدى التليسكوب الكبير جدًّا في المرصد الأوروبي الجنوبي بشيلي ـ بمثابة جهاز من الجيل الثاني، صُنع للتصوير المباشر لكواكب خارج المجموعة الشمسية، ورصد أطيافها عند درجات حرارة أقل تصل حتى 600 كلفن.

وأطلق جهاز «جيميني» عملية بحث متعددة السنوات عن كواكب شبيهة بالمشتري، تدور حول نجوم حارة يافعة، وذلك في شهر نوفمبر من عام 2014. وقامت الأرصاد الأولى للنجم «51 إيريداني» 51 Eridani ـ وهو نجم عمره 20 مليون سنة، ويبعد نحو 30 فرسخًا فلكيًّا ـ بإظهار عالَم شبيه بالمشتري، ويبعد ذلك الكوكب المرصود عن النجم مرتين ونصف المرّة، ضعف مسافة بُعْد المشتري عن الشمس[10]. وأوضح الطيف أن هذا الكوكب خارج المجموعة الشمسية ـ الذي سُمِّي «51 إيريداني- ب» ـ يحتوي غلافه الجوي على كمية ميثان تفوق أي كوكب آخر خارج المجموعة الشمسية (الميثان مكوِّن معروف من مكونات الغلاف الجوي للمشترى). يقول كوري في هذا الصدد: «إن الشيء المثير حقًّا في كوكب «51 إيريداني- ب» والكواكب الجديدة الأخرى خارج المجموعة الشمسية، هو أننا نراها عندما تبدو أطيافها عادية أكثر قليلًا»، وأكثر شبهًا بعالَم المشترى من كواكب أكثر حداثة وسخونة، حيث يكون الميثان غائبًا على نحو غريب. وهذا يمكن أن يوفر فكرة جوهرية عن تكوُّن الكوكب، الذي تقوم أغلب نظرية تكوُّنه الحالية على بيانات من منظومتنا الشمسية.

وبدأ مشروع جهاز «سفير» بمسح مشابه، لكنه بدأ لاحقًا في شهر فبراير من عام 2015، إلا أن ما لديه لإعلانه قليل. وأكثر الاكتشافات إثارة[11] حتى الآن ـ حسب قول عضو الفريق، أنتوني بوكالاتي، الفلكي لدى مرصد باريس ـ هي مجموعة من خمسة تكتلات غازية، تتحرك بسرعة عالية، مبتعدةً عن النجم اليافع AU Microscopii، المعروف بأنه عرضة لتوهُّج وأحداث أخرى على نحو غير مألوف، «ونحن لا نعرف كنهها فعلًا».

استقصاءات النجوم

قَطَعَ التحليل الطيفي للكواكب خارج المجموعة الشمسية شوطًا بعيدًا منذ أيامه الأولى، عندما كان مستخدموه يجتهدون لاستخلاص إشارات ضعيفة جدًّا من بيئات مليئة بالضجيج، وكانت النتائج الأولى غالبًا ما تنطوي على مشكلات. والآن، حسب قول كروسفيلد: «ما نجده يكون غالبًا صحيحًا، وقابلًا للتكرار».

هناك جيل قادم من الأجهزة الواعدة بكشف المزيد من الكواكب، من خلال «القمر الصناعي التابع لناسا؛ للاستقصاء العبوري للكواكب خارج المجموعة الشمسية» TESS، المقرر إطلاقه في أغسطس من العام القادم، وسوف يقضي سنتين باحثًا عن كواكب خارج المجموعة الشمسية، عابرة أمام أكثر من 200 ألف نجم من أكثر النجوم سطوعًا بجوار المنظومة الشمسية. وكذلك سوف تكون الكواكب خارج المجموعة الشمسية أهدافًا لتليسكوب «جيمس ويب» الفضائي، فهذا التليسكوب ذو القطر البالغ 6.5 متر ـ مع أجهزته المتطورة ـ يجب أن يرى أكثر بكثير مما يستطيع رؤيته تليسكوب هابل، ذو القطر البالغ 2.4 متر. ويتنبأ ماكنتوش بأن «القمر الصناعي TESS، و«جيمس ويب» سوف يمتلكان هذا الفضاء في غضون خمس سنوات».

وسوف تستعمل مهمّتان فضائيتان أخريان مخطَّطتان ـ لم يتم إقرارهما بعد ـ التحليلَ الطيفي للكواكب خارج المجموعة الشمسية. حيث إن «تليسكوب مسح الأشعة تحت الحمراء واسع المدى» Wide Field Infrared Survey Telescope ذا القطر البالغ 2.4 متر، التابع لناسا، والمتوقع إطلاقه في منتصف عشرينات القرن الحالي، سوف يقضي معظم وقته مستقصيًا أسئلة كونية، لكنه يُتوقع أن يجد ويدرس حوالي 2,600 كوكب خارج المجموعة الشمسية. ويقول كوري إنه يجب أن يكون قادرًا على تصوير كواكب شبيهة بالمشتري، تدور حول نجوم مجاورة، لكن الأجسام الأصغر والأبرد الشبيهة بيلوتو، أو «بكوكب إكس» الافتراضي، المخمَّن وجوده عند حافة المنظومة الشمسية ـ أو الشبيه بالكرة الأرضية في هذه الحالة ـ سوف تبقى بعيدة عن متناوله. ويقول ماكنتوش في هذا الصدد: «إننا بحاجة إلى تليسكوب فضائي، مقاسه 10 أمتار؛ لكشف كرات أرضية أخرى».

والمهمة الثانية هي «أريل» ARIEL، أي مشروع المسح الكبير للكواكب خارج المجموعة الشمسية بالاستشعار عن بُعْد للأشعة تحت الحمراء، وهي واحدة من ثلاث مهمات مرشحة من الفئة المتوسطة، سوف تطلقها وكالة الفضاء الأوروبية في عام 2026. وسوف يُكرَّس تليسكوب المهمة ـ ذو قطر المتر الواحد ـ للتحليل الطيفي العبوري، واستقصاء كواكب خارج المجموعة الشمسية عند درجات حرارة أعلى من 500 كلفن.

وفي غضون عقد من السنين، يأمل الفلكيون في رؤية اكتمال ثلاثة تليسكوبات عملاقة فائقة: تليسكوب ماجلان العملاق ذي القطر البالغ 24.5 متر في مرصد لاس كامباناس في شيلي، وتليسكوب الثلاثين مترًا، المخطط وضعه في ماونا كيا، والتليسكوب الأوروبي الكبير للغاية على جبل أرمازونيس بتشيلي. وسوف تزوَّد التليسكوبات الثلاثة بمنظومات بصرية قابلة للتكيف، وإنه لَمِن المضمون المراهنة على أنها سوف تقوم بتحليل طيفي لكواكب خارج المجموعة الشمسية؛ لاختبار نماذج قائمة على بيانات مُحصَّلة لذلك الغرض. ويمكن لتلك القياسات أن تكون فرصة الفلكيين الواقعية الأولى للعثور على حياة في الكون الأوسع. يقول شاربونو في هذا الصدد: «إنني متحمس للغاية». ■

جيف هيشت كاتب حُرّ، يعيش في أوبورندال ، ماساتشوستس.

1. Mayor, M. & Queloz, D. *Nature* **378,** 355–359 (1995).
2. Charbonneau, D., Brown, T. M., Noyes, R. W. & Gilliland, R. L. *Astrophys. J.* **568,** 377–384 (2002).
3. Majeau, C., Agol, E. & Cowan, N. *Astrophys. J.* **747,** L20 (2012).
4. Wong, I. *et al.* Preprint at http://arxiv.org/abs/1512.09342 (2015).
5. Sing, D. K. *et al. Nature* **529,** 59–62 (2016).
6. Bétrémieux, Y. & Kaltenegger, L. *Astrophys. J.* **791,** 7 (2014).
7. Marios, C. *et al. Science* **322,** 1348–1352 (2008).
8. Kalas, P. *et al. Science* **322,** 1345–1348 (2008).
9. Barman, T. S., Macintosh, B., Konopacky, Q. M. & Marois, C. M. *Astrophys. J.* **733,** 65 (2011).
10. Macintosh, B. *et al. Science* **350,** 64–67 (2015).
11. Boccaletti, A. *et al. Nature* **526,** 230–232 (2015).

تعليقات



GEORGE OSODI/PANOS

سوق أوشودي في مدينة لاجوس في نيجيريا.

الحَدّ من النمو السكاني

يرى **جون بونجارتس** أنه من الضروري أن تحصل النساء في كل مكان على خدمات جيدة في مجال تنظيم الأسرة في غضون عقد من الزمن.

مِن المتوقَّع أن يبلغ التعداد السكاني على كوكبنا 11.2 مليار نسمة مع حلول عام 2100؛ ما يعني زيادة قدرها أكثر من 50% للعدد الحالي للسكان، البالغ 7.3 مليار نسمة[1]. ومن المرجح ألَّا تتوزَّع هذه الزيادة بالتساوي بين مناطق العالم المختلفة؛ إذ يُتوقَّع انخفاض معدل النمو السكاني في المناطق الأكثر تقدمًا (مثل أوروبا، وشرق آسيا)، ويُتوقَّع انخفاض كذلك ـ ولكن أعلى مِن سابقه قليلًا ـ في معدل النمو في الأمريكتين (انظر: «المشكلات، والتفاوت، والتحوُّل»)، بينما سيكون النمو السكاني الأكبر من نصيب الدول الأقل تقدُّمًا في جنوب وغرب آسيا (ومنها الهند، وباكستان)، وفي شمال أفريقيا (كما هو الحال في مصر، مثلًا). وعلى المدى الطويل، من المتوقع أن تتركز الزيادة الكبرى في دول جنوب الصحراء الأفريقية، حيث سيتضاعف عدد السكان الحالي أربعة أضعاف ما هو عليه الآن، قافزًا من مليار واحد إلى 3.9 مليار نسمة.

تشكِّل هذه الزيادة السكانية في أفقر مناطق العالم عائقًا أمام التنمية، يتضاءل معه التفاؤل بشأن مستقبل تلك المنطقة. وينطوي النمو السكاني السريع المصحوب بزيادة الاستهلاك والمخلفات، على آثار سلبية ◄



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

عديدة، يمتد تأثيرها إلى المجتمعات والنظم البيئية العالمية (انظر: «الأمور السلبية الأربعة الكبرى للنمو السكاني»). يمكن لبلدان عديدة أن تكون أفضل حالًا مع نمو سكاني ومعدل مواليد أقل، وهي فرضية ثبتت صحتها في اقتصاديات النمور الشرق آسيوية (بما فيها كوريا الجنوبية، وتايوان) التي شهدت في العقود الأخيرة زيادات سريعة في نصيب الفرد من الدخل القومي، في ظل تراجع معدلات المواليد. ويشار إلى انتعاش النمو الاقتصادي، إثر انخفاض معدلات الإنجاب بـ»العائد الديموغرافي»[2].

إذن، كيف يمكن إيقاف وَحْش الانفجار السكاني، أو إبطاؤه على الأقل؟

ما الذي يمكن فِعْله؟

منذ عام 1960، تمثلت الاستجابة السياسية الرئيسة تجاه النمو السكاني السريع في تنفيذ برامج تنظيم الأسرة الطوعية، إلى جانب الاستثمار في تحسين التعليم والصحة[3]. وبهدف إتاحة وسائل منع الحمل لعموم النساء، قامت هذه البرامج بتقديم الشرح والتوعية للنساء، ودعم التكاليف، ووضع خطط للتوزيع في العيادات، والصيدليات، وأنظمة التوصيل الأخرى. وعلى القدر نفسه من الأهمية، قدَّمت هذه البرامج التوعية تجاه المنافع الصحية والاجتماعية والاقتصادية لاستخدام وسائل منع الحمل، وتكوين أُسَر أصغر حجمًا. ويكمن السبب الأساسي وراء تأسيس هذه البرامج في التصدي لمشكلة الحمل غير المرغوب فيه، أو غير المخطَّط له، فضلًا عن الحاجة إلى تنظيم النسل. ففي كل عام، يحدث حوالي 74 مليون حالة حمل غير مخطط له في العالم النامي (أي ما يعادل 39% من حالات الحمل السنوية في تلك الدول)، وينتهي حوالي نصف هذه الحالات بالإجهاض المتعمَّد[4].

ويُعَدّ تدنِّي مستويات تعليم الإناث أحد أسباب الحمل غير المرغوب فيه، وغير المخطط له، فضلًا عن الافتقار إلى المعرفة بوسائل منع الحمل، وطريقة الحصول عليها، وعدم كفاية الإمدادات والخدمات، وارتفاع التكلفة، والخوف من الآثار الجانبية. يُضاف إلى ذلك.. معارضة الأزواج وأفراد الأسرة، ورسوخ العادات التقليدية للجنسين، المشجِّعة على تكوين عائلات كبيرة. وللحدّ من حالات الحمل غير المرغوب فيه، يتوجب أن تقوم برامج تنظيم الأسرة بما هو أكثر من مجرد تقديم الإمدادات والخدمات؛ إذ يجب عليها أيضًا التصدي للعقبات الأخرى ذات الصلة.

ويُعَدُّ البرنامج الذي بدأ في عام 1977 في منطقة ماتلاب في بنجلاديش أكبر دليل على أن نجاح هذه البرامج يعتمد على التجارب الميدانية[5]. تَلَقَّت المنطقة المتحكَّم فيها في ماتلاب خدمات تنظيم الأسرة المحدودة نفسها التي تَلَقَّتها بقية المناطق بالبلاد، بينما تم تزويد منطقة التجارب بالخدمات والإمدادات المجانية، وتنظيم زيارات منزلية من قِبَل عاملين مدرَّبين تدريبًا جيدًا في مجال تنظيم الأسرة، وشن حملة إعلامية واسعة. وقد أسهم التواصل مع الأزواج وزعماء القرى ورجال الدين في معالجة الاعتراضات العائلية والاجتماعية المحتملة.

«يُعَدُّ تعليم الفتيات ـ على وجه الخصوص ـ كابحًا قويًّا لمعدلات الإنجاب العالية».

وأتت النتائج واضحة، بما لا يدع مجالًا للشك. فقد ارتفعت نسبة استخدام وسائل منع الحمل بين النساء المتزوجات في سن الإنجاب من 5% إلى 33% في منطقة التجربة. واختلفت هذه النسبة قليلًا في المنطقة المتحكَّم فيها. ونتيجة لذلك.. انخفض معدل الإنجاب سريعًا في المنطقة التجريبية، ولُوحظ وجود فَرْق يُقَدَّر بحوالي 1.5 ولادة لكل امرأة بين المناطق التجريبية، والمناطق المتحكَّم فيها حتى عام 1990، وبقي هذا التباين بفارق إلى ما بعد عام 1996، حين انتهت التجربة. وقد أحدث هذا الانخفاض تأثيرات طويلة الأمد، تَجَلَّت في بلوغ الأطفال المولودين في المنطقة التجريبية مستويات تعليمية أعلى، وامتلاك الأسر لأصول مالية أكبر، وزيادة الوصول إلى الخدمات الصحية الوقائية. وهكذا، أثبتت التجربة إمكانية نجاح برامج تنظيم الأسرة، حتى في المجتمعات شديدة التمسك بالعادات التقليدية.

ينسجم المثال المعاصر تمامًا مع ما حققته منطقة ماتلاب. فعلى سبيل المثال.. شهدت البلدان التي سارعت إلى تطبيق برامج شاملة لتنظيم الأسرة تغيُّرات سريعة في السلوك الإنجابي (مثل إيران في عام 1989، ورواندا في منتصف العقد الأول من القرن الواحد والعشرين).

فقد شهدت إيران انخفاضًا في معدل الإنجاب بوتيرة استثنائية، من 5.6 مواليد لكل امرأة في أواخر الثمانينات إلى 2.6 لكل امرأة بعد عقد من الزمن[6]. وانخفض معدل الإنجاب في رواندا من 6.1 في عام 2005 إلى 4.6 في عام 2010، كما قفزت نسبة النساء المتزوجات اللواتي يستخدمن وسائل منع الحمل من 17% إلى 52%[7]. وقد نهجت البرامج في كلا البلدين نهجًا مختلفًا، عن طريق بث رسائل إعلامية حول فوائد الأُسَر الأصغر حجمًا؛ لرفع الطلب على خدمات تنظيم الأسرة.

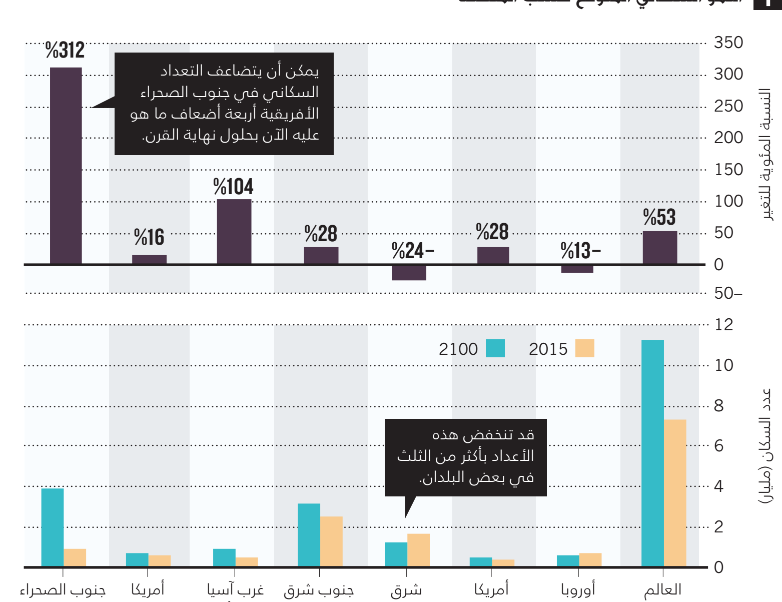
ويُعَدُّ أيّ تَسَارُع في انخفاض معدل الإنجاب كفيلًا بتغيير مسار النمو السكاني في المستقبل، حيث تُثْبِت مقارنةٌ بين البدائل المتوقعة للتعداد السكاني ـ التي تنبَّأت بها الأمم المتحدة في جنوب الصحراء الأفريقية ـ أن التأثير قد يكون كبيرًا. ومن خلال الاستثمارات الكبيرة في مجال تنظيم الأسرة، مِن الممكن خفض معدل الإنجاب بسهولة بنسبة 0.5 مولود لكل امرأة في غضون بضع سنوات، عقب البدء في التدخل؛ الأمر الذي من شأنه أن يصل بالتعداد السكاني إلى 2.8 مليار نسمة في جنوب الصحراء الأفريقية بحلول عام 2100 (انظر: «أين سنكون؟»)، وهو رقم يقل بمقدار مليار واحد عمّا كان متوقَّعًا في حال عدم التدخل.

هذا.. وتصبح برامج تنظيم الأسرة أكثر فعالية عندما تتحسن الظروف الاجتماعية والاقتصادية. كما يُعَدُّ تعليم الفتيات ـ على وجه الخصوص ـ كابحًا قويًّا لمعدلات الإنجاب العالية، حيث تتزوج الفتاة المتعلِّمة في سن متأخرة، وتميل إلى فكرة الأُسْرة الأصغر حجمًا (ومن أسباب

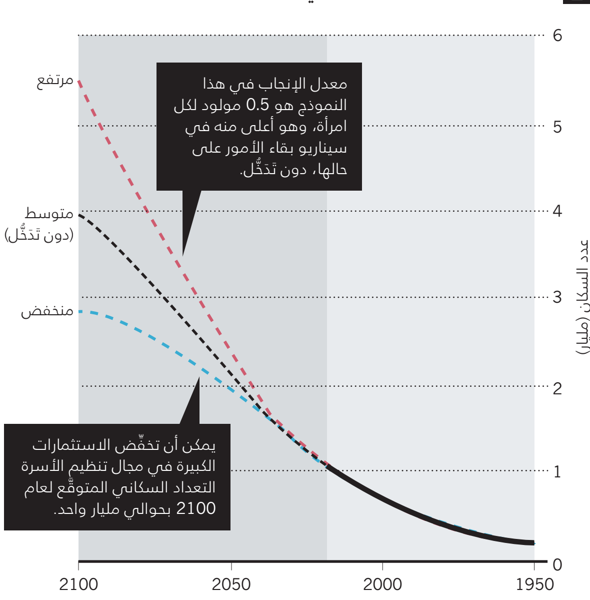


من المتوقع أن يصل التعداد السكاني على كوكبنا إلى 11.2 مليار نسمة بحلول عام 2100، أي بما يزيد بأكثر من 50% عن تعداد عام 2015.

1 النمو السكاني المتوقع حسب المنطقة







SOURCE: REF. 1

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ذلك أن تكاليف الفرص الإنجابية أعلى بالنسبة لها)، كما أنها تكون أكثر قدرة على مواجهة العقبات الحائلة دون تنظيم الأسرة. وعلى الرغم من ذلك.. يجب أن تكون النساء المتعلمات قادرات على الحصول على وسائل منع الحمل؛ للتحكم في خياراتهن الإنجابية. وعلى ذلك.. ينبغي أن يسير كل من تنظيم الأسرة، والتعليم (للنساء والرجال على السواء)، والتنمية الاجتماعية الاقتصادية، جنبًا إلى جنب.

تصاعُد الدعم

ظلت برامج تنظيم الأسرة مثيرة للجدل، وكان الدعم المقدَّم لها متذبذبًا على مدار النصف قرن الماضي[3]. حدثت أولى الطفرات الاستثمارية في الستينات، وبداية السبعينات، وذلك عندما قامت الأمم المتحدة ـ بمساعدة من الدول المانحة ـ بِحَثّ الدول النامية على مواجهة ارتفاع معدلات الإنجاب والنمو السكاني السريع. وبدورها.. اتهمت دولٌ عديدة مساعي الدول الصناعية إلى ابتكار شكل جديد من الاستعمار، والإمبريالية الهادفة إلى الإبقاء على الدول النامية ضعيفة وفقيرة.

ومن جانبها، عارضت الكنيسة الكاثوليكية ـ لزمن طويل ـ كلًّا من الإجهاض، وتحديد النسل الاصطناعي، حيث اتخذت موقفًا عدائيًّا متصاعدًا ضد البرامج الحكومية لتنظيم الأسرة في جميع أنحاء العالم. وعندما احتل الجمهوريون المحافظون البيتَ الأبيض، كان المشرِّعون الأمريكيون ـ بصفة عامة ـ غير داعمين للبرامج الدولية لتنظيم الأسرة؛ مما أدَّى إلى خفض التمويل المقدَّم إلى هذه البرامج، وإحاطتها بقيود تعسُّفية.

وعلى الرغم من ذلك.. شهد استخدام وسائل منع الحمل ارتفاعًا مطردًا في آسيا وأمريكا اللاتينية خلال الثمانينات (انظر: go.nature.com/r2oqrl). تلا ذلك في التسعينات تحويل المساعدات المخصَّصة لبرامج تنظيم الأسرة إلى مكافحة وباء الإيدز في أفريقيا، وأماكن أخرى. وإضافة إلى ذلك.. أسهَم انخفاض معدلات الإنجاب في آسيا وأمريكا اللاتينية في الإحساس بالتفاؤل بأن النمو السكاني في أفريقيا يمكن أن يتباطأ قريبًا.

وقد تَمَكَّن المعارضون السياسيون والدينيون من جذب الدعم لوجهات نظرهم، عن طريق استغلال الانقسام الحاصل في الأوساط الأكاديمية؛ فقد رأى بعض الاقتصاديين ـ على سبيل المثال ـ أن برامج تنظيم الأسرة الطوعية غير فعّالة[8]. وتفترض النظرية الاقتصادية التقليدية أن الآباء والأمهات هم مجرد أشخاص يرغبون في تعظيم المنافع، عن طريق اختيار العدد الذي يفضلونه من الأطفال، في حدود ميزانيتهم المالية، وبالطريقة نفسها التي قد يختارون بها عدد أجهزة التليفزيون، أو الدراجات الهوائية.

وتكمن مشكلة هذا المنطق في أن الحصول على السلع الاستهلاكية يتطلب القيام بعملية شرائية، في حين أن حالات الحمل تحدث إذا لم يتم مَنْعها. وإضافة إلى ذلك.. تَفترِض النظريات الاقتصادية في مجملها أن التكلفة المالية والاجتماعية والعملية لمنع الحمل منخفضة بما فيه الكفاية، لتكون غير مؤثرة في عملية صنع القرار. ومن هذا المنظور الأكاديمي، ينبغي أن تكون حالات الحمل غير المرغوب فيه نادرة تمامًا، مثل ندرة الأشخاص الذين لديهم أجهزة تليفزيون جديدة، لا يرغبون فيها، وبالتالي لا ينبغي إعطاء أولوية لبرامج تنظيم الأسرة.

ولا حاجة إلى التذكير بأن الأمور لا تسير على هذا النحو في العالَم الحقيقي. كما أنه من الصعب تجنُّب



CARLOS CAZALIS/CORBIS

تشكل الفئة العمرية التي تزيد على 65 عامًا أكثر من ربع التركيبة السكانية في اليابان.

الاتجاهات الديموغرافية

المشكلات، والتفاوت، والتحوُّل

الشيخوخة. يزداد متوسط عمر السكان في العالم المتقدم خاصة، نتيجة لتناقص معدلات المواليد، وتزايد متوسط الأعمار. وتحظى أوروبا واليابان حاليًّا بأعلى نسبة من الناس الذين تزيد أعمارهم على 65 عامًا، وهي نسبة من المتوقع أن تزيد في المستقبل؛ وبالتالي تضع المزيد من الضغط على أنظمة التقاعد والرعاية الصحية، وتؤدي إلى تباطؤ النمو الاقتصادي. (فعلى سبيل المثال.. يُحتمل أن ينخفض التعداد السكاني في أوروبا الشرقية واليابان بنسبة تزيد على الثلث بحلول عام 2100). وستؤدي حالة غياب الأطفال النسبية إلى جَعْل الحياة أصعب بالنسبة إلى كبار السن الذين يحتاجون إلى دعمهم، خاصة في البلدان التي بها شبكات أمان اجتماعي ضعيفة، مثل الصين.

الهجرة. يزداد معدل هجرة الناس من البلدان والقارات الفقيرة التي مزّقتها الحروب إلى الدول المتقدمة القريبة منها، كما هو الحال في الهجرة من أفريقيا والشرق الأوسط إلى أوروبا مثلًا. وسيزداد التوتر الذي تخلقه هذه الأزمة مع ازدياد التعداد السكاني في البلدان الفقيرة، في ظل بقاء الفوارق الاقتصادية بين كلٍّ من الدول الطاردة والجاذبة على حالها.

انخفاض معدل المواليد. في معظم البلدان المتقدمة، وفي عدد متزايد من الدول الآسيوية، ودول أمريكا اللاتينية، تنجب النساء في المتوسط أقل من طفلين، وهو ما يُعَدُّ دون المستوى اللازم لاستقرار السكان على المدى الطويل. ويتسبب ذلك في شيخوخة السكان، وتَنَاقُصهم،

النساء المفقودات. يقل عدد الإناث عن الحد الطبيعي بحوالي 100 مليون، نتيجةً للإجهاض المتعمَّد، وارتفاع وفيات الإناث في مختلف مراحل الحياة (في أثناء مرحلة الطفولة، على سبيل المثال). وقد ارتفع عدد حالات الإجهاض المتعمَّد في العقدين الماضيين إلى حوالي 1.5 مليون سنويًّا، نتيجة لتوفُّر التصوير بالموجات فوق الصوتية منخفض التكلفة، والفحص الجيني لتحديد جنس المولود، وسهولة الحصول على وسائل لإنهاء الحمل في المجتمعات التي تميل إلى تفضيل الذكور. وتوثّق هذه الإحصاءات التمييز الجنسي واسع النطاق، الذي لا يزال قائمًا في العديد من البلدان. وقد يؤدي وجود فائض من الرجال غير المتزوجين إلى حدوث اضطرابات اجتماعية، والمتاجَرة بالنساء والفتيات.

حالات الحمل غير المرغوب فيه، حتى عند النساء اللواتي يتبعن أساليب فعالة نسبيًّا في منع الحمل. ونتيجةً لذلك.. تحدث عشرات الملايين من حالات الحمل المماثلة سنويًّا. ولحُسْن الحظ.. فقد تمكنت البيانات المجمَّعة مؤخَّرًا عن تَرَاجُع معدلات المواليد في عدد قليل من البلدان ـ مثل إثيوبيا، ورواندا ـ من إقناع واضعي السياسات ـ إلى حد كبير ـ بجدوى هذه البرامج[9]، بينما تستمر المعارضة الدينية والسياسية لها.

وماذا يجب أن نفعل الآن؟

من الضروري أن نبدأ بوضع هدف واضح؛ للحَدّ من النمو السريع للسكاني وارتفاع معدلات المواليد، ففي غضون ◄

آلام متزايدة

الأمور السلبية الأربعة الكبرى للنمو السكاني

التدهور البيئي. تتفاقم تهديدات عالمية غير مسبوقة، مثل التغير المناخي، وتناقص التنوع البيولوجي، وتزداد حِدّتها مع ازدياد النمو السكاني، والتوسع الاقتصادي والاستهلاكي. وتؤثر المشكلات البيئية المحلية الخطيرة ـ المتمثلة في نقص مياه الشرب، وقلة مساحة الأراضي الصالحة للزراعة، وكثرة النفايات المتراكمة بشكل مذهل، وتلوث الهواء والماء والتربة ـ على الصحة بشكل سلبي، وتهدد التوسع في إنتاج الغذاء اللازم لتأمين نظام غذائي أفضل للمزيد من الناس.

الركود الاقتصادي. غالبًا ما يتضاعف حجم السكان في المجتمعات الفقيرة خلال عقدين أو ثلاثة، مما يستوجب بناء المصانع، والمؤسسات، والمساكن، والمدارس، والمستشفيات، وتعديل وتقوية البِنْيَة التحتية بالمعدل نفسه على الأقل. وبالتالي، لا تتمكن مجتمعات عديدة من مواكبة الزيادة؛ فترتفع بذلك معدلات البطالة، وتتضخم الأحياء الفقيرة، وتكتظ المدارس بالطلاب والطالبات، وتتداعى المرافق والبِنَى التحتية (مثل شبكات الطرق، والصرف الصحي، والكهرباء). هذا.. إضافة إلى أن ما يقرب من نصف السكان في المناطق ذات النمو السريع ينتمون إلى فئة عمرية تقل عن 20 سنة؛ وبالتالي، ترتفع نسبة الإعالة، بما يشكل عبئًا على الأسرة، ويحدّ من فرص الاستثمار في رأس المال المادي والبشري. كما أن بقاء المرأة في البيت؛ لرعاية الأُسَر الكبيرة يقلّص من حجم قوة العمل الرسمية.

معدل وفيات الأمهات. يشير ارتفاع معدلات المواليد إلى الإنجاب المتكرر. وترتبط كل حالة حَمْل بخطر الوفاة، أو العجز. ويغدو ذلك أكثر ترجيحًا في البلدان التي تطبِّق نُظُم رعاية صحية ضعيفة. فعلى سبيل المثال.. يُقَدَّر احتمال الوفاة أثناء الولادة قبل نهاية السن الإنجابي بحوالي امرأة واحدة من كل 20 امرأة، وذلك في أفقر الدول بغرب أفريقيا.

الاضطراب السياسي. تستشري البطالة بين الشباب على نطاق واسع، وذلك عندما لا يكون اقتصاد الدولة قادرًا على توفير فرص عمل. وتؤدي المنافسة القوية على عدد قليل من الوظائف إلى انخفاض الأجور؛ الأمر الذي يسهم بدوره في تفشِّي الفقر. وتشكِّل الأعداد الكبيرة من الشباب المحبَطين العاطلين عن العمل ـ على وجه الخصوص ـ وقودًا للتوترات الاجتماعية والاقتصادية، وارتفاع معدلات الجريمة، وعدم الاستقرار السياسي.

عقد من الزمن، لا بد أن تتمكن النساء في كل مكان من الحصول على خدمات مَنْع الحمل الجيدة. وينبغي أن تمتلك المرأة الحرية في اختيار وسائل متعددة لمنع الحمل، حتى في المناطق الريفية في البلدان الفقيرة، بحيث لا يتضمن ذلك حبوب منع الحمل، والحقن، ووسائل العزل فقط، ولكن يشمل أيضًا الأساليب طويلة الأمد، مثل أنظمة ووسائل منع الحمل الرَّحِمِيَّة بنوعيها (IUDs، وIUSs)، والتدخُّل الجراحي والتعقيم. كما تَجِب إتاحة خدمات الإجهاض الآمِنَة والقانونية، والتغلب على العقبات الأخرى أمام استخدام وسائل منع الحمل، مثل الشائعات غير الصحيحة حول الآثار الجانبية لها، والمواقف الاجتماعية المحافِظة، عن طريق تثقيف النساء والرجال، وإطلاق الحملات الإعلامية، والتعاون مع قادة المجتمع المحلي.

مِن الممكن أن تقود الحكوماتُ هذه الجهود، إلا أن أفضل النتائج تظهر عندما يتم توزيع الخدمات عن طريق قنوات متعددة، مِن بينها: القطاع الخاص، والمنظمات غير الحكومية. والأهمّ من ذلك.. أنه ينبغي استبعاد أي نوع من أنواع الإكراه على استخدام وسائل منع الحمل؛ فللنساء والرجال الحق والحرية في تقرير عدد الأطفال المرغوب فيه، وزمن الإنجاب الملائم، والمباعدة بين الولادات، واختيار الوسائل المناسِبة لمنع الحمل؛ لتحقيق أهدافهم الإنجابية.

يتطلب تحقيق هذه الأهداف موارد أكثر بكثير مما هو متوفِّر في الوقت الحالي؛ فهناك حاجة إلى الأموال؛ لبناء وتجهيز العيادات، ولتدريب مقدِّمي الخدمات، ولدفع أجورهم، ولدعم التكلفة المباشرة للوسائل والخدمات التي يتعذر على الكثير من الفقراء الحصول عليها. وقد شهد العقد الماضي زيادة في الاستثمارات في الدول النامية، وخاصة بعد قمة لندن، التي عُقِدت في عام 2012 بخصوص تنظيم الأسرة، والتي قامت فيها جهات مانحة عديدة وحكومات بتجديد الْتِزَاماتها، أو بزيادة بنود هذه الالتزامات.

ومع ذلك.. يتم حاليًّا تخصيص 1% فقط من إجمالي المساعدات الإنمائية الخارجية «ODA» لبرامج تنظيم الأسرة[10]. ويُعَدُّ هذا المبلغ غير كافٍ، ولا تزال البرامج ضعيفة، والالتزام السياسي منعدمًا في كثير من البلدان.

> **«والأهم من ذلك.. أنه ينبغي استبعاد أي نوع من أنواع الإكراه».**

ولا بد من رفع نسبة المساعدة الإنمائية الرسمية المخصصة لتنظيم الأسرة إلى 2%، وينبغي أن تقوم حكومات البلدان النامية برفع المخصصات الداخلية بنسبة مكافِئة، حيث ستشكِّل مضاعفةُ التمويل هذه استثمارًا رابحًا، سينعكس في السنوات المقبلة في صورة وفرة في قطاعات أخرى، مثل التعليم، والرعاية الصحية.

قمة الهرم

يكمن العنصر الحاسم والنهائي للنجاح في الإرادة السياسية، والالتزام بتنظيم الأسرة على أعلى المستويات السياسية الوطنية والدولية. كما يكمن السبب الأساسي وراء عدم إعطاء هذه القضية الأولوية، في أنها تُعامَل باعتبارها مجرد جزء من مشكلة الصحة وحقوق الإنسان. وبالتالي، تَعتبِر الجهاتُ المانحة تنظيم الأسرة داخلًا في ميزانيات الصحة. وفي جميع أنحاء العالم النامي تقع مسؤولية برامج تنظيم الأسرة على عاتق وزراء الصحة. وفي الوقت الذي تكافح فيه غالبيةُ البلدان الفقيرة مجموعةً كبيرة من الأمراض، لا يُمنح تنظيم الأسرة أولوية كبيرة في أغلب الأحيان؛ وبهذا.. فلا معنى للأولوية المنخفضة من وجهة نظر تنموية أشمل.

يمكن أن تسهم إجراءات عديدة في معالجة هذا الوضع. فعلى المستوى الدولي، ينبغي أن تقوم وكالات التنمية والجهات المانحة بتوظيف المزيد من خبراء السكان (على سبيل المثال.. يوظِّف البنك الدولي الآلاف من الاقتصاديين، ولكنه يوظِّف عددًا قليلًا فقط من علماء الديموغرافيا). وتُعِدُّ هذه المنظمات مئات التقارير عن كل بُعْدٍ من أبعاد التنمية، ولكنها تخصص مساحة صغيرة للاتجاهات السكانية. ويتوجب أن تتضمن تقارير كهذه مناقشةً لتأثير التحولات الديموغرافية على القطاعات ذات الصلة، والعوائد الإنمائية لانخفاض معدلات المواليد، والخيارات المتاحة لتغيير هذه الاتجاهات.

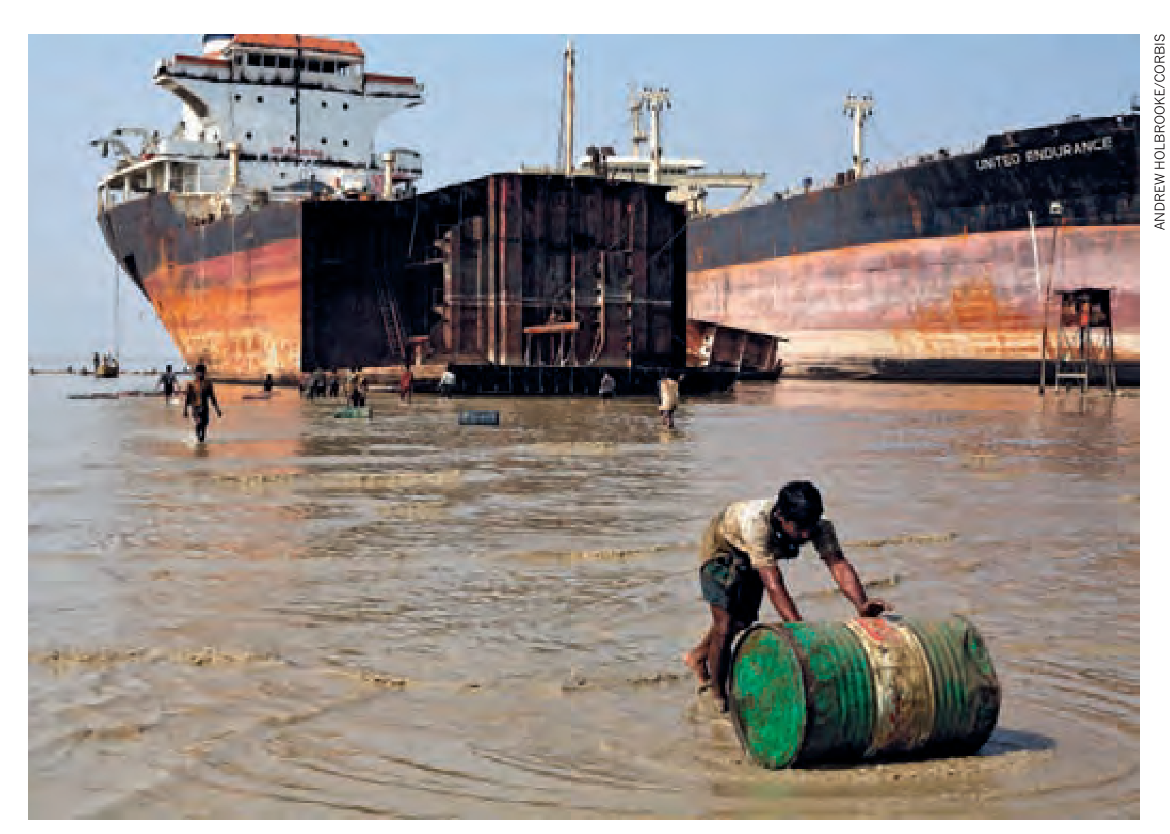
ومن الضروري إجراء تغييرات مماثلة على المستوى الوطني؛ فعادةً ما تأخذ الخطط الحكومية الاتجاهات السكانية بعين الاعتبار، ولكنها تعتبرها ثابتة وغير مهمة. وفي الغالب، تضع وزارات المالية ولجان التخطيط توقُّعات تفصيلية لقطاعات محددة، ولكنها نادرًا ما تدرس المسارات البديلة للنمو السكاني، وهو ما يتوجب عليهم الاهتمام به. ففي العام الماضي، صَنَّف خبراءُ الاقتصاد في «مركز إجماع كوبنهاجن» ـ وهو مؤسسة فكرية ـ تنظيمَ الأسرة باعتباره أحد الإجراءات الإنمائية الأكثر فعالية من حيث التكلفة (انظر: go.nature.com/fumoop).

هذا.. ويتوجب إعادة تصنيف إجراء تنظيم الأسرة باعتباره إجراءً تنمويًّا، وذلك لإعطائه الأولوية الوطنية والعالمية العالية التي يستحقها (فضلًا عن ارتباطه بالصحة وحقوق الإنسان)؛ سعيًا إلى الاستغلال الأمثل للموارد التنموية المحدودة، وإلى الإسراع برفع مستويات المعيشة في البلدان الفقيرة. ■

جون بونجارتس نائب رئيس مجلس الإسكان، وأحد باحثيه المتميزين في مدينة نيويورك بولاية نيويورك، الولايات المتحدة.
البريد الإلكتروني: jbongaarts@popcouncil.org

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Population Prospects: The 2015 Revision* (United Nations, 2015).
2. Bloom, D. E., Canning, D. & Sevilla, J. *The Demographic Dividend* (RAND Corporation, 2003).
3. May, J. F. *World Population Policies: Their Origin, Evolution, and Impact* (Springer, 2012).
4. Singh, S., Darroch, J. E. & Ashford, L. S. *Adding It Up: The Costs and Benefits of Investing in Sexual and Reproductive Health* (Guttmacher Institute, 2014).
5. Cleland, J., Phillips, J. F., Amin, S. & Kamal, G. M. *The Determinants of Reproductive Change in Bangladesh: Success in a Challenging Environment* (World Bank, 1994).
6. Abbasi-Shavazia, M. J. & McDonald, P. *Asian Pop. Stud.* **2,** 217–237 (2006).
7. Westoff, C. F., *Popul. Dev. Rev.* **38** (suppl. 1), 169–178 (2013).
8. Pritchett, L. *Popul. Dev. Rev.* **20,** 1–55 (1994).
9. Bongaarts, J., Cleland, J., Townsend, J., Bertrand, J. & Das Gupta, M. *Family Planning Programs for the 21st Century: Rationale and Design* (Population Council, 2012).
10. Wexler, A. & Kates, J. *Donor Government Assistance for Family Planning in 2014* (Kaiser Family Foundation, 2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ANDREW HOLBROOKE/CORBIS

ساحة تحويل السفن إلى خردة في شيتاجونج في بنجلاديش، حيث تحدث إصابات عديدة أسبوعيًّا للعمال في قطاع صناعة تحويل السفن المحلية إلى خردة.

ثلاث خطوات.. من أجل نقل بحري صديق للبيئة

يرى **تشينج وان** وزملاؤه أن الوقت قد حان لاتخاذ إجراءات صارمة بشأن الانبعاثات، والتطور المدمر الناجم عن سفن الحاويات الضخمة التي تلوث الهواء والبحار.

في 26 إبريل من عام 1956، رصد رجل الأعمال الأمريكي مالكولم ماكلين ناقلة النفط المحوَّلة تغادر ميناء نيوارك في نيوجيرسي، وهي تحمل 58 اختراعًا من اختراعاته: حاوية الشحن النمطية. وبحلول عام 2015، استطاعت أكبر سفينة حاويات في العالم حمل حوالي 20 ألف وحدة من وحدات الشحن، حيث تكافئ مساحة سطح السفينة ما يعادل ثلاثة أضعاف ونصف ضِعْف مساحة ملعب كرة القدم.

تحمل أكبر سفن الحاويات ما يُقدَّر بنسبة 90% من السلع الاستهلاكية العالمية، مثل الملابس، والمواد الغذائية (البضائع غير السائبة)[1]. وقد نمت تجارة الحاويات المنقولة بحرًا من 100 مليون طن في عام 1980 إلى حوالي 1.6 مليار طن بحلول عام 2014، حيث يتم نقل الحاويات القياسية بأبعاد 20 قدمًا (6 أمتار) بالاستعانة بالنظم الآلية التي تربط الموانئ، والمطارات، ومحطات القطار[2]. وتحمل السفن الأكبر المزيد من الحاويات، وتستهلك كميات أقل من النفط في الحالة المثالية، كما أنها تنشر عناصر ملوِّثة أقل لكل وحدة من البضائع المنقولة.

مع ذلك.. تُعتبر التكاليف البشرية والبيئية للشحن كبيرة جدًّا، حيث يحتوي زيت الوقود البحري ذو الدرجة الحرارية المنخفضة على كمية كبريت تعادل 3,500 ضعف كمية الكبريت الموجودة في الديزل البري. وتُلَوِّث السفنُ الكبيرة الهواءَ في الموانئ المحورية، وهو ما يمثل نسبة ثلث إلى نصف الملوثات المحمولة جوًّا في هونج كونج، على سبيل المثال[3]. وتتسبب الجسيمات المنبعثة من السفن في حدوث حالات وفاة، يُقَدَّر عددها سنويًّا بـ60 ألف حالة وفاة في جميع أنحاء العالم، وذلك نتيجة الإصابة بسرطان قلبي رئوي، وسرطان رئوي[4]. وهكذا، يؤدي توسيع الموانئ ـ بهدف استيعاب السفن الضخمة ـ إلى تدمير النظم البيئية الساحلية، كما أن أساطيل السفن الصغيرة التي عفا عليها الزمن تُلَوِّث البحار، والتربة، وتدمر صحة العمال في الدول النامية على وجه الخصوص[5].

واليوم، تقف الصناعة البحرية على مفترق طرق، حيث تتداعى الأرباح المتوقَّعة من السفن الكبيرة، نتيجة الطاقة الزائدة؛ مما يؤدي بالتالي إلى تباطؤ التجارة، وهبوط أسعار النقل، إذ إنه في عام 2015، انخفضت أسعار شحن الحاويات في الطرق الملاحية الأكثر انشغالًا في العالم ـ بين آسيا، وأوروبا الشمالية ـ بحوالي 60% خلال ثلاثة أسابيع؛ الأمر الذي أسفر عن إفلاس الكثير من شركات النقل البحري، ومنها شركة «كوبنشيب» الدنماركية Copenship، وشركة «نانتسينج» الصينية Nantsing. ووصل الأمر إلى إعلان مجموعة «ميرسك» الدنماركية Maersk ـ التي تعمل في مجال نقل الحاويات العملاقة ـ أنها تعتزم تسريح 4,000 موظف بحلول عام 2017، وأنها سوف تتخلى عن طلبات بناء السفن العملاقة المتأخرة، أو الملغاة.

وهنا، تواجه الشركات مأزقًا، فهي في حال انسياقها وراء موجة التصعيد، ستجازف بكونها أقل قدرة على المنافسة، إلا أن تشغيل السفن العملاقة بجزء من قدرتها الكاملة يقوض مزايا الحجم الضخم والاقتصاد في استهلاك الوقود الناتج عنه؛ حيث تستهلك السفن وقودًا ـ مقابل كل حاوية عليها ـ بنسبة أكبر عند تحميلها بنصف الحمولة، بدلًا من الحمولة الكاملة.

إن المستقبَل هو للشحن صديق البيئة. والمقصود به هنا هو النقل البحري الفعال، المترافق مع الحد ◄

◀ الأذى من الضرر الصحي والبيئي[6]. وهنا، تظهر الحاجة إلى تطبيق ممارسات أقل تلويثًا، خاصة بشأن تحويل السفن إلى خردة، والتحكم في الانبعاثات، وإدارة الموانئ. وسيستلزم تحقيق هذا المطلب جهودًا بطولية من جانب الصناعة، والمهندسين العاملين في قطاع الصناعة، وذلك بالتعاون مع المنظِّمين، وسلطات الموانئ ومجتمعاته. وعند تحديد الطرق الملاحية المثلى، وأساليب تسليم البضائع، لا بد من أَخْذ الآثار البيئية بعين الاعتبار.

مشكلة التلوث

يُعتبر الشحن البحري هو الطريقة الأكثر كفاءة وحيوية لنقل كميات كبيرة من البضائع. ومع ذلك.. تُطْلِق السفن أكاسيد النيتروجين (NO_X)، وأكاسيد الكبريت (SO_X)، وثاني أكسيد الكربون، ومواد حبيبية (PM) في الغلاف الجوي. وقد بلغت نسبة الانبعاثات الصادرة عن صناعة النقل البحري حول العالم[7] في الفترة الزمنية الممتدة بين عامي 2007، و2012، ما يقدَّر بنسبة 15% من انبعاثات أكاسيد النيتروجين السنوية الناشئة عن الأنشطة البشرية، ونسبة 13% من أكاسيد الكبريت، ونسبة 3% من ثاني أكسيد الكربون. وفي عام 2013، قُدِّرَت الانبعاثات الصادرة عن السفن في أوروبا بنسبة 18% من انبعاثات أكاسيد النيتروجين، ونسبة 18% من أكاسيد الكبريت، ونسبة 11% من الجسيمات الحبيبية ذات الحجم الأقل من 2.5 ميكرومتر ($PM_{2.5}$). وفيما يتعلق بالنقل البري، كانت النسب هي 33%، و0%، و12% على الترتيب. وعلى النقيض، قُدِّرَت نسب الانبعاثات الصادرة عن الملاحة الجوية بـ6%، و1%، و1%، أما النقل بالسكك الحديدية، فكانت النسب الخاصة به هي: 1%، و0%، و0%.

ولضمان فعالية سياسات النقل البحري، يجب تطبيقها في جميع أنحاء العالم، حيث إن الاتفاقات العالمية بشأن تغير المناخ لم تتناول الانبعاثات الصادرة عن الشحن البحري والملاحة الجوية، بما في ذلك الاتفاق المبرم في باريس في ديسمبر الماضي. وقد بدأت «المنظمة البحرية الدولية» IMO ـ التي تنظم النقل البحري الدولي ـ في الانخراط التدريجي في هذه القضية. ومنذ ثمانينات القرن الماضي، تمكّنت «الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن» MARPOL من تقييد الانبعاثات من الزيوت، والسوائل الضارة، والمواد الضارة، والصرف الصحي، والقمامة في المحيطات؛ وذلك في أعقاب سلسلة من الحوادث التي تسبب فيها ناقلات النفط العملاقة. وفي عام 1997، تم اعتماد قيود لتلوث الهواء، نتيجة الشحن البحري، ولكنها لم تدخل حيز التنفيذ سوى في عام 2005.

تُعتبر كفاءة الطاقة محطّ الاهتمام الراهن للمنظمة البحرية الدولية. وبدءًا من عام 2013، كان هدف كل من مؤشر تصميم كفاءة الطاقة، وخطة إدارة فعالية طاقة السفن، هو خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الشحن البحري، وذلك من خلال متطلبات تقنية أكثر صرامة على المحركات، والمعدات، وأنظمة الصيانة، وخطط الرحلات. وبرغم ذلك.. لم يتم تحديد أي أهداف حاسمة لخفض الانبعاثات، وللأسف.. فإذا ما توسعت التجارة العالمية على المدى الطويل، وتزايدت أعداد السفن، فإن ذلك يعني أنه حتى لو تم تنفيذ هذه التدابير بالكامل، فمِن المتوقع عندها أن يترافق هذا التوسع مع زيادة إجمالي انبعاثات الشحن البحري بما يُقَدَّر بأربعة أضعاف في الفترة الممتدة ما بين عامي 1990، و2050[8].

وقد أَسَّست «المنظمة البحرية الدولية» أربع «مناطق للتحكم في الانبعاثات»: بحر البلطيق، وبحر الشمال، ومنطقة البحر الكاريبي الأمريكي، والمياه الساحلية في كندا والولايات المتحدة؛ حيث يُطلب من السفن تخفيض الانبعاثات من أكاسيد الكبريت والنيتروجين بشكل أساسي. وتَستثنِي هذه المناطق الموانئ العشرة الأكبر لسفن الحاويات حول العالم، مثل الموانئ الصينية في شنجهاي، وشنتشن، وهونج كونج، وميناء بوسان في كوريا الجنوبية، حيث توجد كل هذه الموانئ في آسيا (انظر: «العشرة الملوَّثة»). وتشير تقديراتنا إلى أن هذه المواقع العشرة تسهم بنسبة 20% من انبعاثات الموانئ البحرية في جميع أنحاء العالم.

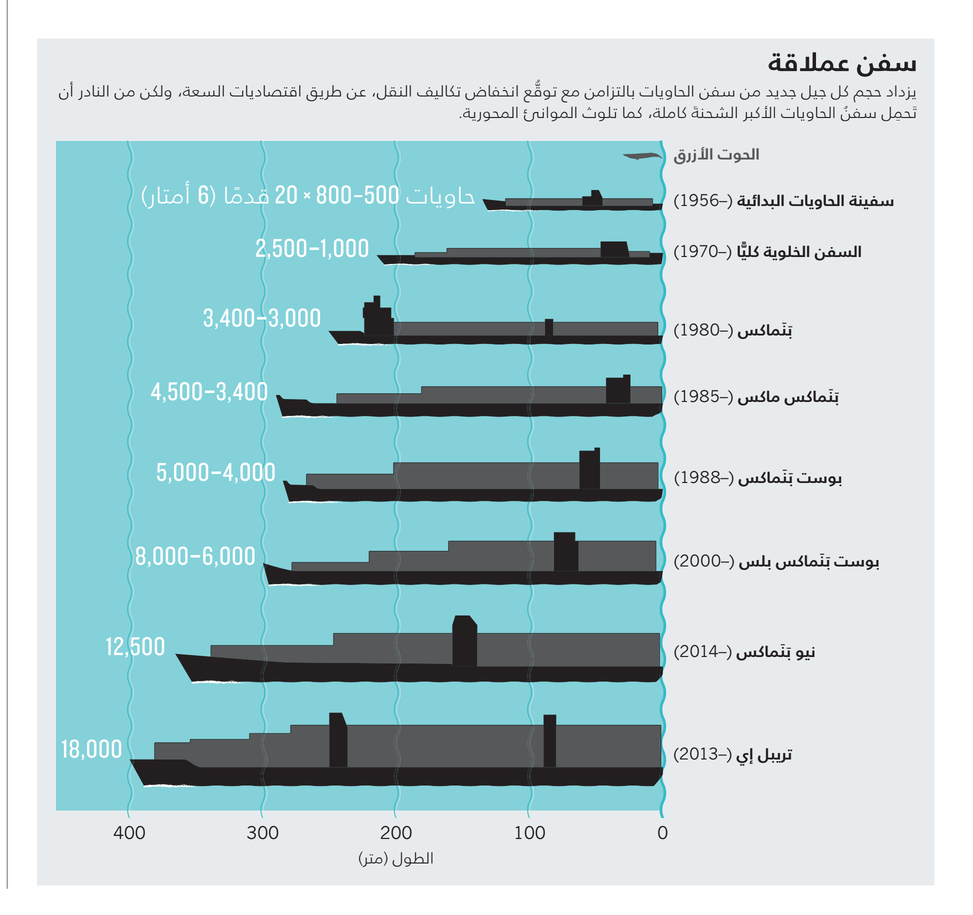
يحدِّد عددٌ قليل من البلدان المتقدمة ـ ومنها الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، والنرويج ـ محتوى الكبريت في الوقود البحري المستخدَم في المياه القومية بقيمة 1,000 جزء لكل مليون، بينما تسمح غالبية البلدان النامية ـ ومنها الهند، والصين ـ باستخدام وقود أكثر تلويثًا، يحتوي على نسبة من الكبريت، قدرها 35 ألف وحدة لكل مليون؛ مع العلم بأن معيار الوقود في الاتحاد الأوروبي للسيارات يقدَّر بنسبة 10 وحدات فحسب لكل مليون.

يتسبب تحويل السفن إلى خردة في كَمٍّ كبير من التلوث، إذ يُعتبر الأسبستوس، والمعادن الثقيلة، والزيوت من المواد السامة؛ حيث يتعرض العمال لأبخرة خطرة. وتنص قوانين الاتحاد الأوروبي على ألّا يتم تفكيك السفن المسجَّلة في أوروبا، إلا في الأماكن المرخصة، التي تتبع مبادئ توجيهية صارمة، ولكن من السهل تغيير تسجيل السفينة، وتفكيكها في دولة ذات نهج أكثر تهاونًا في حماية الأيدي العاملة، والبيئة.

تشتهر الهند، وبنجلاديش، وباكستان بتحويل السفن إلى خردة[9]، حيث إنه في عام 2009 فحسب تم قطع 40 ألف شجرة مانجروف في بنجلاديش؛ وذلك لإعداد ساحات تفكيك السفن، علمًا بأن أشجار المانجروف هي الأشجار التي تحفظ توازن العديد من السواحل الاستوائية، وتُعتبر مساكن تأهيل وتخصيب لأصناف كثيرة. وقد تَسَبَّب التلوث الناجم عن تحويل السفن إلى خردة هناك في انقراض 21 نوعًا من السَّمك والقشريات. وتَذْكُر التقارير أن حصيلة كل أسبوع هي وفاة عامل، وإصابة سبعة آخرين في ساحات تحويل السفن إلى خردة في بنجلاديش.

يزيد الازدحام من التلوث والخلل، حيث تطغى كميات كبيرة من البضائع المشحونة على الموانئ والطرق المحيطة بها والممرات المائية. ومن وجهة نظر بيئية، يمكن أن يكون التوسيع العاجل، أو بناء المراسي والقنوات لاستيعاب المزيد من السفن الكبيرة كارثيًّا. وحين تكون المياه في الموانئ العاملة الحالية ضحلة جدًّا، يمكن أن تقوم سلطات الميناء باستصلاح أراضٍ من البحر، أو بناء جُزُر صناعية في المياه العميقة، إلا أن التغيرات الساحلية تدمر النظم البيئية، فعلى مدى العقود الثلاثة الماضية، اختفت حوالي 75% من أشجار المانجروف في شنتشن، وذلك في أعقاب توسُّع الميناء، واستصلاح الأراضي. وقد حددت خطط ميناء بورتو سول في البرازيل ـ المقرر افتتاحه في عام 2019 ـ التأثيرات البيئية المحتملة، بما في ذلك إجلاء الدلافين والحيتان، وقتل حيوانات قاع البحر.

هذا.. ولا يمكن الالتزام بطرق الشحن التقليدية. وفي الوقت الحالي، يمكن أن تستوعب قناة بنما ـ التي تربط المحيطين الهادئ، والأطلنطي ـ السفن التي تحمِل ما يقدَّر بحوالي 5,000 حاوية تقليدية فحسب. ومِن المنتظَر أن ينتهي العمل في مشروع توسيع القناة؛ لتتمكن من استيعاب 13 ألف حاوية (من طراز «نيو بنماكس»)



سفن عملاقة

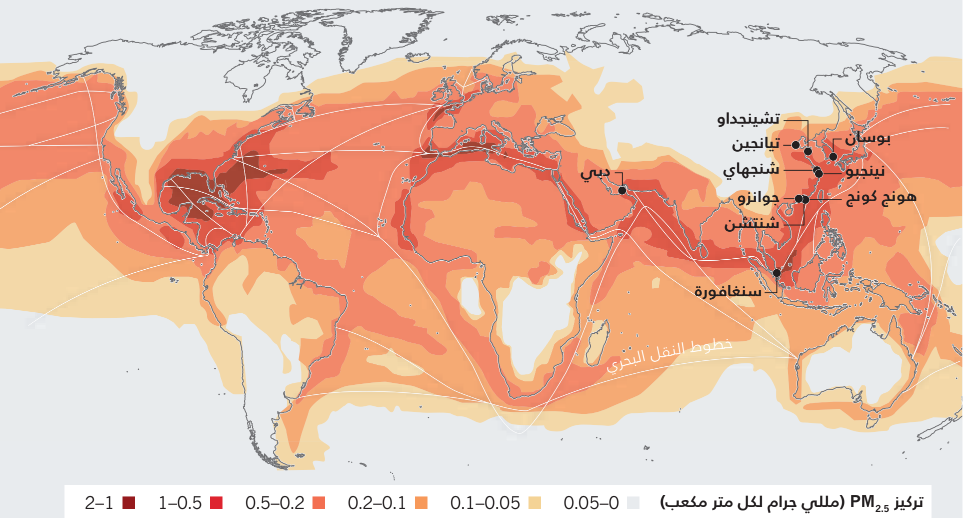
يزداد حجم كل جيل جديد من سفن الحاويات بالتزامن مع توقُّع انخفاض تكاليف النقل، عن طريق اقتصاديات السعة، ولكن من النادر أن تحمِل سفنُ الحاويات الأكبر الشحنة كاملة، كما تلوث الموانئ المحورية.

SOURCE: J.-P. RODRIGUE *THE GEOGRAPHY OF TRANSPORT SYSTEMS* 3RD EDN (ROUTLEDGE, 2013) (SHIP-CAPACITY DATA)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

العشرة الملوثة

المادة الحبيبية ذات الحجم الأقل من 2.5 ميكرومتر (PM2.5) المنبعثة من زيت الوقود البحري الملوث تتسبب في رداءة جودة الهواء على طول الممرات الملاحية. وتقوم مناطق التحكم في الانبعاثات بإغفال الموانئ العشرة الأكبر لسفن الحاويات، التي تسهم بما يُقدَّر بنسبة 20% من انبعاثات الموانئ في جميع أنحاء العالم من أكاسيد النيتروجين، وأكاسيد الكبريت.



SOURCE: REF. 4 (PM2.5 CONCENTRATIONS); *J. COMMERCE* TOP 50 WORLD CONTAINER PORTS 2014 (PORTS)

بحلول شهر مايو القادم. ومع ذلك.. ستبقى أكبر السفن العملاقة ـ مثل سفن مجموعة «ميرسك» من طراز «إي» E، وطراز «تريبل إي» Triple E (ذات السعة التي تتراوح بين 14 ألف إلى 18 ألف حاوية) ـ غير قادرة على العبور (انظر: «سفن عملاقة»). كما أنه في هذه الأثناء، أسفر كل من ازدحام حركة المرور في بنما، والملاحة المعقدة، والصيانة المستمرة، عن تأخير زمن الرحلة البحرية بمعدل 10 أيام.

وللاستفادة من فرصة العمل، تَقَرَّر البدء في أعمال إنشاء قناة بطول 280 كيلومترًا خلال نيكاراجوا في هذا العام. ويمكن أن يؤدي هذا المشروع ـ المموَّل من قِبَل ملياردير يمتلك شركة «هونج كونج» بتكلفة قدرها 50 مليار دولار أمريكي ـ إلى تدمير ما يقارب 400 ألف هكتار من الغابات الاستوائية والأراضي الرطبة، التي تُعتبر موطنًا للحياة البرية المهدَّدة بالانقراض، وللمجتمعات الأصلية[10].

مع ذلك.. يصمت القلق الجماهيري إزاء التلوث والآثار الصحية الناتجة عن الشحن البحري؛ نظرًا إلى أن تلك الصناعة هي العمود الفقري للاقتصاد العالمي، إضافة إلى أن أنشطتها تحدث في مكان بعيد عن سكن معظم الناس، وغالبًا ما تتجاوز صلاحية المراقبين المحليين. ولا يمكننا أن نقصر الاعتماد على التصميمات الجديدة للسفن وابتكار محركات فحسب، بغرض تقليل الأثر البيئي للشحن البحري؛ إذ إنه من الممكن استخدام السفن الحالية لعشرين سنة أخرى، أو أكثر، وبالتالي لا بد من معالجة قضايا عديدة معًا؛ للوصول إلى مستوى أعلى من الصناعة صديقة البيئة.

النقل البحري صديق البيئة

يمكن أن يسهم تطبيق التوصيات التالية في إنقاذ آلاف الأرواح سنويًّا، وضمان هواء ساحلي أنقى، والحدّ من الأضرار البيئية الناجمة عن الشحن البحري.

تنظيف خردة السفن. اعتمدت المنظمة البحرية الدولية في عام 2009 «اتفاقية هونج كونج الدولية لإعادة التدوير الآمنة والسليمة بيئيًّا للسفن»، ولكن لم تلتزم بهذه الاتفاقية إلا النرويج، والكونغو، وفرنسا، وذلك اعتبارًا من شهر فبراير من العام الحالي (2016). وينبغي أن تكون أولوية «المنظمة البحرية الدولية» هي ضمان الْتِزَام المناطق الرئيسة التي تحوِّل السفن إلى خردة ـ الهند، وبنجلاديش، وباكستان ـ بهذه المبادئ التوجيهية. وتكمن الخطوة الأولى في إنشاء مكاتب محلية في هذه الدول؛ لجمع وتحليل بيانات الرصد بشكل مستقل، ومن ثم تقديم مقترحات تحسين الأداء إلى الحكومات المحلية. وكنوع من التحفيز، ينبغي أن تقوم برامج القروض أو المساعدات الدولية الممنوحة لهذه البلدان ـ برعاية البنك الدولي، أو بنك التنمية الآسيوي، على سبيل المثال ـ بمطالبة الدول بإجراء ممارسات تحويل السفن إلى خردة بأساليب نظيفة. وإلى أن تدخل الاتفاقية الدولية حيِّز التنفيذ الإلزامي، يجب أن تقوم «المنظمة البحرية الدولية» بالتحديث المنتظِم للقائمة التي تتضمن أسماء الدول ذات الأداء المنخفض في هذا الأمر؛ وذلك للحدّ من تغيير ساحة تحويل السفن إلى خردة من مكان إلى آخر.

التحكم في الانبعاثات. لا بد من أن تسنّ «المنظمة البحرية الدولية» قوانين أكثر صرامة بشأن الانبعاثات، بما في ذلك تحديد معيار أنقى عالميًّا بشأن الكبريت الصادر عن احتراق الوقود البحري. ومن الممكن تخفيض أكاسيد الكبريت بنسبة 97%، عن طريق خفض محتوى الكبريت من 35 ألف وحدة لكل مليون إلى 1,000 وحدة لكل مليون في زيت الوقود، حيث يوفر انخفاض سعر النفط اليوم فرصة كبيرة لإمكانية حدوث هذه النقلة. وتقدَّر التكلفة الحالية لـزيت الوقود من درجة 1,000 وحدة لكل مليون بحوالي 300 دولار أمريكي للطن في سنغافورة، على سبيل المثال، وهي أقل من نصف تكلفة أرخص وقود ملوث منذ أربعة أعوام مضت.

ويُعتبر الوقود البحري هو خط الإنتاج الثانوي لمَعامل تكرير البترول، وهو يعادل (2% ـ 4%) فحسب من سوق الوقود الكلي. وسوف تؤدي معايير الانبعاثات الأكثر صرامة إلى تحفيز الطلب على وقود عالي الجودة، وسيكون من الضروري وجود برامج تحفيزية، كخفض الضرائب والإعانات المالية للمنتجين، وذلك لضمان هامش ربح معقول؛ لتعويض ارتفاع معدلات الاستثمار الأولي في البلدان النامية، حيث يوجد هناك القليل من الطاقة الإنتاجية المستمرة. وستكون هناك حاجة إلى التدخلات الحكومية في البلدان التي تتقلد فيها الدولة مهام إدارة شركات النفط، كما هو الحال في الصين والهند.

يكمن الحل البديل في تثبيت أجهزة غسل الغاز؛ لتنظيف الغاز العادم على متن السفن. وتعمل وحدات جهاز غسل الغاز على مزج الغاز العادم مع الماء، أو الصودا الكاوية؛ لإزالة ما يصل إلى 99% من أكاسيد الكبريت، و98% من المادة الحبيبية من الوقود ذي المحتوى العالي من الكبريت. وتُعتبر أجهزة الغَسْل غالية الثمن في الوقت الراهن، حيث تُقدَّر التكلفة بقيمة مليوني دولار للسفينة الواحدة، ولكن الصين ـ على سبيل المثال ـ يمكنها أن تجهز أسطولها الكُلِّي من سفن الحاويات خلال سنة واحدة عن طريق توفير 50%، كإعانة مالية لأجهزة غسل الغاز.

والسؤال الآن: كم تبلغ التكلفة الإجمالية ؟ تُقدَّر التكلفة بنسبة 0.5% من إجمالي 150 مليار دولار أمريكي أنفقتها الصين سنويًّا على مكافحة التلوث منذ عام 2013، ويمكن أن تسترد شركات الشحن نسبة الـ50% الباقية خلال عام واحد من توفير الوقود. كما أنه مع وجود معيار أكثر صرامة بشأن الانبعاثات؛ سيرتفع الطلب على أجهزة غسل الغاز؛ وستنخفض التكاليف؛ ويرتقي الإنتاج.

تحسين إدارة الموانئ. يتوجب على سلطات الميناء مراجعة الأثر البيئي لبنائها السابق، والإفصاح عن معلومات حول خطط التنمية المستقبلية خاصتها، لتدلل على الإدارة المسؤولة للأصول العامة. كما يتوجب عليها التنسيق مع مكاتب تخطيط النقل سعيًا وراء الاستراتيجية الأكثر اقتصادية وسلامة بيئية لشحن السلع، والقدرات الاستيعابية الأمثل لمحطاتها، وكيفية مساعدة السفن على الشحن والتفريغ بسرعة. وستسمح إتاحة إحصائيات الميناء التجارية ونتائج دراسات الأثر البيئي للجمهور بمشاركة المجتمع البحثي في عملية صنع القرار، كما ينبغي أن تقوم المنظمات البيئية غير الحكومية بحملات؛ لزيادة الوعي العام حول موضوع تطوير الموانئ، فقد آن أوان الحصول على شحن بحري صديق للبيئة، بعد عقود من الرقابة الضعيفة. ■

تشينج وان أستاذ مشارك؛ و**مو تشو** أستاذ مساعد؛ و**شون شين** أستاذ مشارك في كلية النقل والاتصالات في جامعة شنجهاي البحرية، شنجهاي، الصين.
دانيال سبيرلنج أستاذ بارز في الهندسة المدنية، وفي العلوم والسياسة البيئية، والمدير المؤسس لمعهد دراسات النقل بجامعة كاليفورنيا، ديفيس، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: mrwan@ucdavis.edu

1. Singh, S. P., Saha, K., Singh, J. & Sandhu, A. P. S. *Packaging Tech. Sci.* **25,** 149–160 (2012).
2. Levinson, M. *The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger* (Princeton Univ. Press, 2010).
3. Hong Kong Environmental Protection Department. *2013 Hong Kong Emission Inventory Report* (Hong Kong Government, 2015); available at http://go.nature.com/qijuuc
4. Corbett, J. J. *et al. Environ. Sci. Tech.* **41,** 8512–8518 (2007).
5. Demaria, F. in *Nature, Economy and Society: Understanding the Linkages* (eds Ghosh, N., Mukhopadhyay, P., Shah, A. & Panda, M.) 273–304 (Springer, 2016).
6. Polemis, S. M. *Balancing Environmental Aspirations with Economic Realities* (International Chamber of Shipping, 2012).
7. Smith, T. W. P. *et al. Third IMO Greenhouse Gas Study 2014* (International Maritime Organization, 2014).
8. Anderson, K. & Bows, A. *Carbon Mgmt* **3,** 615–628 (2012).
9. Hossain, K. A. *J. Environ. Anal. Toxicol.* **5,** 312 (2015).
10. Huete-Pérez, J. A. & Meyer, A. *Nature* **506,** 287–289 (2014).


ROGELIO V. SOLIS/AP

توفِّر محطات امتصاص الكربون إحدى الطرق المستخدمة للحدّ من كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

استقصاء وسائل نزع غاز ثاني أكسيد الكربون

يقول **فيل ويليامسون:** «إذا أردنا تحقيق أهداف اتفاق باريس، فلا بد من تقييم قابلية امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وكذلك المخاطر الحيوية والبيئية الناجمة عنه».

اتفقت الأطراف المشاركة في «اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ» UNFCCC ـ التي عُقدت في باريس في ديسمبر الماضي، والبالغ عددها 196 طرفًا ـ على رصد ميزانية متوازنة؛ للحدّ من تأثير الغازات الدفيئة المنسوبة إلى النشاط البشري، وذلك في الفترة الممتدة ما بين عامي 2050، و2100. ويهدف هذا الالتزام إلى الحدّ من زيادة متوسط درجات الحرارة العالمية عن مستوياتها في فترة ما قبل الثورة الصناعية إلى «أقل بكثير من درجتين مئويتين»، ويفضَّل أن تكون أقل من 1.5 درجة مئوية.

ولتحقيق ميزانية متوازنة، للحدّ من الغازات الدفيئة، لابد إما أن يكون ناتج الصناعة والزراعة من الانبعاثات معدومًا، أو أن تُستوجَب الإزالة الفعالة للغازات الدفيئة من الغلاف الجوي، إضافة إلى التخفيضات الفعالة والسريعة للانبعاثات. وتنص غالبية السيناريوهات الموضوعة بغرض الحَدّ من ارتفاع درجة الحرارة إلى درجتين مئويتين على ضرورة امتصاص كميات وفيرة من ثاني أكسيد الكربون، مقدَّرة بوحدة «جيجا طن»، ثم تخزينها بطريقة آمِنة سنويًّا[1].

وبلوغ أهداف أعلى.. لا بد من التخلص من عشرات الجيجا طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًّا[2].

وقد اقتُرِحت تقنيات عديدة لإزالة ثاني أكسيد الكربون. ويتوقف تقييم مدى قدرة أي منها على العمل ضمن النطاق المطلوب؛ لتحقيق هدف اتفاق باريس على ثلاثة أمور: الجدوى، والتكلفة، وإمكانية التطبيق. ومن أهم العوامل الجوهرية في كل هذه التقنيات: التأثيرات غير المناخية، التي يمكن أن تسببها الإزالة واسعة النطاق لثاني أكسيد الكربون على النظم البيئية والتنوع الحيوي.

إلى يومنا هذا.. لا تزال الهيئة الاستشارية العلمية لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ ـ وهي «الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ» IPCC ـ تُولي اهتمامًا ضعيفًا نسبيًّا لتلك التأثيرات؛ مما ألقى الحِمْل على مجموعات أخرى معنية بالأمر؛ لمراجعة الأفكار والثغرات المترسخة في فَهْمنا لتأثير تقنيات إزالة ثاني أكسيد الكربون على البيئة[5-3]؛ ولعمل تقييمات واسعة المدى لبرامج الهندسة المناخية[6]؛ ولعمل دراسات للنماذج المقارنة[7].

لقد آن الأوان لانخراط الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، والحكومات، وغيرها من الوكالات المختصة بتمويل الأبحاث، في الاستثمار في الدراسات الجديدة المنسَّقة دوليًّا؛ بهدف تحرّي مدى إمكانية إزالة ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع، وكذلك تحرِّي السلامة والأمان النسبي المتعلق بالأمر.

التقنيات الرئيسة

ضَمَّت «الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ» منذ تأسيسها في عام 1988 علماء فيزياء، وواضعي نماذج بنسبة أكبر من علماء البيئة. ومع الأخذ بعين الاعتبار البرهان الأخير الوحيد المتعلق بالقضية، الذي ينص على أنه من غير المرجح أن يتصدى موضوع خفض الانبعاثات بمفرده للتغيرات المناخية الخطيرة؛ فإن كل ما سبق مجتمِعًا يمكنه أن يفسر سبب إهمال تقرير تقييمها الخامس، الصادر في عامي 2013، و2014، والبالغ عدد صفحاته 5,000 صفحة، أحد الاعتبارات المهمة؛ ألا وهي التأثيرات البيئية الناجمة عن إزالة ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع.

يُعتبر هذا الإغفال لافتًا للنظر؛ لأن مجموعة سيناريوهات الانبعاثات الخاصة بالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ـ التي يُرجَّح أنها تحدّ من زيادة درجات الحرارة السطحية العالمية حتى درجتين مئويتين بحلول عام 2100 ـ تعتمد في الغالب على إزالة ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع (وهو الهدف من سيناريو «خط التركيز البياني» RCP2.6، وسيناريو الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ حول الاستجابة للتغير المناخي، الذي يحقق أقل الانبعاثات).

تَفترِض هذه السيناريوهات أنه من الممكن تطوير تقنيتين لتحقيق التوازن في ميزانية الكربون في وقت لاحق من هذا القرن، متمثلتين في «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه» BECCS، والتشجير. وتشتمل التقنية الأولى على زراعة محاصيل الطاقة الحيوية، بدءًا من الأعشاب، وصولًا إلى الأشجار، ومن ثم حرقها في محطات الطاقة، ثم نزع ثاني أكسيد الكربون من الغازات الناتجة، وضغطه؛ لتحويله إلى الحالة السائلة؛ بهدف تخزينه تحت الأرض. ويعتمد التشجير أيضًا ـ أي زرع الأشجار ـ على عملية البناء الضوئي لإزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. وفي هذه الحالة يتم التخزين بشكل طبيعي في الخشب والتربة.

ويتطلب تخفيض ارتفاع درجات الحرارة العالمية إلى حد درجتين مئويتين على الأقل إزالة نحو 600 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون خلال هذا القرن (التقدير المتوسط للمقدار المطلوب إزالته)[8]. وفي حال اعتماد سيناريو تقنية «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه»، فمن المحتمل أن يستلزم ذلك امتداد المحاصيل المزروعة لغرض إزالة ثاني أكسيد الكربون على مساحة تُقَدَّر بما بين 430 مليون، و580 مليون هكتار من الأراضي الزراعية[9]، وهو ما يعادل تقريبًا ثلث المساحة الكلية من الأراضي الصالحة للزراعة حاليًّا على كوكب الأرض، أو حوالي نصف مساحة أراضي الولايات المتحدة.

وما لم تكن هناك زيادة ملحوظة في الإنتاجية الزراعية، بحيث تفيض عن احتياجات النمو السكاني العالمي إلى حد كبير، عندها ستؤدي المساحة المطلوبة من الأراضي لتفعيل سيناريو تقنية «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه» على أرض الواقع إلى تسارع كبير في فقدان الغابات الرئيسة والمراعي الطبيعية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وهكذا.. يمكن أن يتسبب اعتماد سيناريو هذه التقنية بفقدان الأنواع البرية مع نهاية القرن، وهي نتيجة قد تكون أسوأ من الخسائر الناجمة عن زيادة درجة الحرارة بقيمة 2.8 درجة مئوية فوق المستويات المسجَّلة في مرحلة ما قبل الثورة الصناعية[10].

يحوم القلق أساسًا حول ما إذا كان سيناريو تقنية «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه» فعالًا بالقدر المفترَض الشائع عن قدرته على امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، حيث ستؤدي الزراعة على نطاق هذا السيناريو إلى نشر المزيد من الانبعاثات، مقارنةً بمقدار امتصاص الغازات الدفيئة، وذلك في مرحلة التأسيس على الأقل، نتيجة لتنقية الأراضي، واضطراب التربة، وزيادة استخدام الأسمدة.

عندما تؤخذ هذه الآثار بعين الاعتبار، فإن أكبر كمية من ثاني أكسيد الكربون المقدَّر إزالته باعتماد سيناريو تقنية «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه» (سيناريو RCP2.6) تُقدَّر بحوالي 391 جيجا طن بحلول عام 2100؛ وهذا المقدار أقل بنسبة 34% عن المقدار المتوسط المطلوب للحفاظ على ارتفاع درجة الحرارة بمعدل أقل من درجتين مئويتين. وفي حال وُضعت افتراضات أقل تفاؤلًا، ولكنها واقعية حول مكان الأرض التي ستُخَصَّص لزراعة محاصيل الطاقة الحيوية، عندها يمكن أن يُقدَّر صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بقيمة 135 جيجا طن بحلول عام 2100 (انظر: «مستقبل مجهول»)[8].

يُلْقِي الفهم المنقوص بالافتراضات الأخرى للسيناريوهات المستنِدة إلى سيناريو تقنية «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه» إلى دائرة الاستفهام[9]؛ فعلى سبيل المثال.. لا نعرف إلا القليل عن تأثير الظروف المناخية المستقبلية على عائدات محاصيل الطاقة الحيوية؛ وعن مقدار الماء الذي تحتاجه هذه المحاصيل في عالم أكثر دفئًا؛ وعن الآثار المترتبة على الأمن الغذائي في حال تنافس إنتاج الطاقة الحيوية بشكل مباشر مع الناتج الغذائي؛ وعن جدوى تطبيق امتصاص الكربون والبِنْيَة التحتية للتخزين (بما فيها قابلية التطبيق التجاري).

ومِن المتوقَّع أن تكون كفاءة طريقة التشجير أقل من حيث قدرتها على امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، ومع ذلك.. هناك افتراض شبه عالمي ينص على أن زيادة غطاء الغابات أمر مرغوب بيئيًّا. ويُعتبر هذا الافتراض صحيحًا في معظم حالات إعادة التشجير، وخاصة إذا تم زرع ـ أو إعادة زرع ـ خليط من الأشجار الأصلية، بدلًا من الزراعة الأحادية الدخيلة لأشجار خارجية. وبرغم ذلك.. يمكن أن يشتمل التشجير على فقدان النظم البيئية الطبيعية أيضًا، وستتسبب مساحات زراعة الغابات في حدوث تغييرات معقدة في الغطاء السحابي، وبياض السُّحُب العاكس لأشعة الشمس (الانعكاسية)، وتوازن الماء والتربة (من خلال التبخر، وتَنَتُّح النباتات). ومن شأن هذه العوامل أن تؤثر على درجة حرارة سطح الأرض.

أما من المنظور المعارض للحدس، فيمكن أن يكون التشجير عند مناطق خطوط العرض الوسطى، وفي الغابات الشمالية ذا أثر صافٍ على الاحتباس الحراري، وذلك على الرغم من زيادة تخزين الكربون[7]. وبالمثل، كما هو الحال في محاصيل الطاقة الحيوية، يُعتبر تحديد الآثار المستقبلية الناجمة عن تغير المناخ في الفترة الممتدة ما بين عامي 2050، و2100 أمرًا صعبًا، إنْ لم يكن مستحيلًا؛ حيث يمكن أن تؤدي زيادة الحرائق، والجفاف، والآفات، والأمراض، إلى تدمير استقرار تخزين الكربون في الغابات المزروعة حديثًا.

خيارات أخرى

لا يوجد قصور في عدد الأفكار الأخرى المطروحة لإزالة ثاني أكسيد الكربون باعتماد طرق حيوية، أو كيميائية جيولوجية، أو كيميائية (اقرأ « اختر الطريقة التي تريدها»)، حيث إنه في كل هذه المخططات، يمكن أن تقوم نماذج المحاكاة للإمكانيات النظرية للطريقة المقترحة بتقديم صورة مختلفة تمامًا عن تلك التي تم الحصول عليها عند أخذ الآثار البيئية بعين الاعتبار، ناهيك عن الآثار العملية، وعوامل الإدارة، وإمكانية التطبيق.

يُعتبر النِّقَاش ـ الذي استمر على مدار 25 عامًا ـ في البحث ووضع خطط لتخصيب المحيط، كتقنية أخرى لإزالة ثاني أكسيد الكربون، بمثابة حالة أخرى في صميم موضوع إزالة ثاني أكسيد الكربون. وحيث إن الربط الأوَّلي كان بين التغيرات الطبيعية في إدخال الغبار إلى المحيط، وإنتاجية المحيط، والظروف المناخية؛ كان هناك انخفاض درامي في مستوى التوقعات المبينة حول فعالية تخصيب المحيطات؛ لاستخدامها كطريقة لتجنُّب الاحتباس الحراري الذي يسببه النشاط البشري[11].

وفي تسعينات القرن الماضي، افترض الباحثون أنه مقابل كل طن من الحديد المضاف إلى مياه البحر، هناك عشرات آلاف الأطنان من الكربون ـ وبالتالي ثاني أكسيد الكربون ـ يمكن أن تثبت عن طريق العوالق النباتة. وقد تم تخفيض هذه الكمية تدريجيًّا على مر السنين، مع إدراك أن غالبية كميات ثاني أكسيد الكربون الممتص بالعوالق النباتة هذه ـ المحفَّزة بإضافة الحديد أو غيره من المواد المغذية إلى مياه البحر، أو بتعزيز التيارات المائية الصاعدة باستخدام وسائل ميكانيكية ـ ستُطلَق من جديد إلى الغلاف الجوي عند تحلل العوالق النباتة. وإضافة إلى ذلك.. يمكن أن تؤدي الزيادة الكبيرة لإنتاجية العوالق في منطقة واحدة (عبر المحيط الجنوبي مثلًا) إلى تقليل غلة مصائد السمك في مواضع أخرى، كنتيجة لاستنفاد المواد المغذية الأخرى، أو إلى زيادة احتمال نقص الأكسجين في الوسط المائي. وقد أسفرت هذه المخاطر عن رفض شبه عالمي لتخصيب المحيطات، باعتباره تدخُّلًا مناخيًّا، وذلك من قِبَل هيئات معينة، مثل «اتفاقية التنوع البيولوجي»[3] CBD.

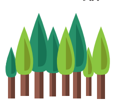
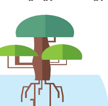
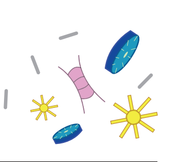
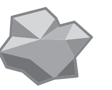
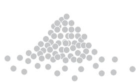
«يجب أن تركِّز الجهود على الخفض العاجل للانبعاثات».

في الآونة الأخيرة، تم اقتراح تقنيات لإزالة ثاني أكسيد الكربون ـ تُعتبر أكثر قابلية للتحكم والتوجيه ـ بالاعتماد على المحيط، مثل زراعة الأعشاب البحرية؛ لتغطية ما يصل إلى 9% من المساحة الإجمالية العالمية للمحيطات[12]. هذا.. ولم يتم تقييم آثار بيئية محددة لهذه الطريقة حتى الآن. ورغم ذلك.. يمكن أن تؤثر هذه الطريقة بشكل واضح على النظم البيئية البحرية ذات القيمة الاقتصادية العالية، وقد تنقلها من أماكنها، حيث توفِّر المياه الساحلية والضحلة ـ في الوقت الراهن ـ نحو 90% من مصائد السمك العالمية.

وبالعودة إلى الأرض، حيث تتضمن تقنيات أخرى الأساليب الرامية إلى زيادة مقدار الكربون المحتبَس في التربة؛ على سبيل المثال.. عن طريق الحرث باستخدام مواد عضوية، كالقَشّ، أو الحَدّ من الحرث؛ للحَدّ من اضطراب التربة، أو إضافة الفحم الحيوي (شكل من أشكال الفحم النباتي). كما تعرض فكرة أخرى لتعزيز أثر العوامل الجوية، التي تشتمل على امتصاص ثاني ◄

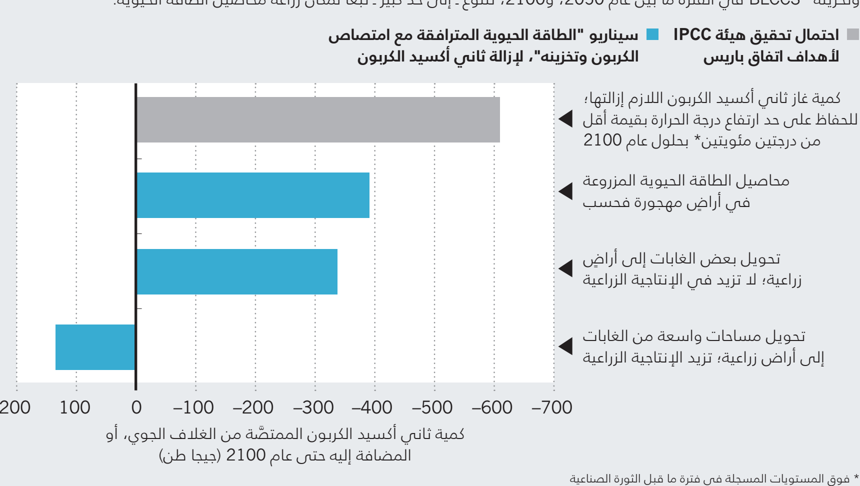
اختر الطريقة التي تريدها

تم اقتراح عدد كبير من المخططات لامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. نستعرض فيما يلي تسعة مخططات منها، وبعضها يعتمد على التخمين أكثر من غيرها.

التقنية	الآلية التي تعمل بها
الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه (BECCS) 	يتم حرق المحاصيل المزروعة لهذا الغرض في محطات الطاقة (توفير الطاقة)، ويتم احتجاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من أجل تخزين آمِن على المدى البعيد.
التشجير، وإعادة التشجير 	تزيد زراعة الأشجار على نطاق واسع من التخزين الطبيعي للكربون في الكتلة الحيوية، وتربة الغابات.
"الكربون الأزرق" تجديد للبيئة الطبيعية 	إصلاح النظم البيئية الساحلية المتدهورة، أو التي تم استغلالها بشكل مفرط، وذات القدرة العالية على تخزين الكربون، مثل السبخات الملحية، وأشجار المانجروف.
الفحم النباتي 	يضاف الكربون الناتج عن الكتلة الحيوية المحترقة جزئيًّا إلى التربة، مع إمكانية الحصول على منافع زراعية.
تعزيز إنتاجية المحيط 	تتم زيادة التمثيل الضوئي المائي، وسَحْب ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، إما عن طريق إضافة المواد المغذية؛ لتعزيز نمو العوالق النباتية في المحيطات الواسعة، أو من خلال زراعة الأعشاب البحرية في البحار الضحلة.
تعزيز العوامل الجوية (باستخدام صخور السيليكات) 	تضاف صخور الأوليفين المفتتة، أو صخور أخرى من السيليكات إلى أسطح التربة، أو المحيط، بغرض تحقيق الامتصاص الكيميائي لثاني أكسيد الكربون. (الأمر الذي يمكن أن يساعد في الحدّ من تحمُّض المحيطات).
الالتقاط المباشر للهواء 	تُستخدم المواد الكيميائية (أو درجات الحرارة المنخفضة) لانتزاع ثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط، مع ضرورة ضمان النقل الآمِن لثاني أكسيد الكربون، وتخزينه لاحقًا.
معالجة السُّحب؛ لزيادة القلوية 	يتفاعل المطر القلوي الناتج عن معالجة السُّحب مع ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، ويزيله.
البناء بالكتلة الحيوية 	تؤدي الزيادة الهائلة في استخدام الكتلة الحيوية (القشّ، والخشب) كمادة من مواد البناء إلى إزالة الكربون لعقود، أو قرون.

مستقبَل مجهول

الاحتمالات المتعلقة بكيفية إزالة ثاني أكسيد الكربون من الهواء باستخدام تقنية "الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه" BECCS في الفترة ما بين عام 2050، و2100، تتنوع ـ إلى حد كبير ـ تبعًا لمكان زراعة محاصيل الطاقة الحيوية.



SOURCE: REF. 8

◀ أكسيد الكربون من الغلاف الجوي من قِبَل بعض صخور السيليكات. وتمكِّن الرؤى الموجودة عن الزراعة، وعلم الأرض، واستخراج المعادن، من إجراء تقييمات أكثر دقة، لمعرفة مدى جدوى وإمكانية تطبيق هذه الطرق[3-6]. ومع ذلك.. فمن المهم معرفة المزيد عن ثبات تخزين الكربون باعتماد الأساليب الحيوية، وعن الآثار البيئية التي قد تنجم عند استخدم هذه الطريقة على نطاق واسع[4-6].

فعلى سبيل المثال.. يثير موضوع استخدام الفحم النباتي تساؤلات عن بعض المسائل المتعلقة باستخدام الأراضي. وإضافة إلى ذلك.. ستعمل ملايين الهكتارات من الأراضي المعتِمة ـ نتيجة تطبيق طريقة الفحم النباتي ـ على تقليل نسبة بياض السُّحُب العاكس لأشعة الشمس، مما يؤدي إلى زيادة الامتصاص الحراري. وعلى النقيض من ذلك.. يمكن أن تؤدي إضافة الصخور المفتَّتة إلى سطح التربة إلى زيادة خاصية الانعكاس فيها.

رغم ذلك.. فلتخفيض ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بحوالي 50 حصة لكل مليون (ما يعادل تخفيض بمقدار 12% تقريبًا عن المستويات الحالية)، يستلزم هذا ما يُقَدَّر بـ(كيلوجرام - 5 كيلوجرامات) من صخور السيليكات لكل متر مربع، ليتم تطبيقها سنويًا على مساحة تُقَدَّر ما بين 2 إلى 6.9 مليار هكتار، وهو ما يعادل (15% إلى 45% من مساحة اليابسة على الأرض)، ومعظمها في المناطق المدارية[13].

ومن الممكن أن يتجاوز حجم الصخور التي يتم التنقيب عنها ومعالجتها كمية الفحم التي يتم إنتاجها في جميع أنحاء العالم حاليًّا، إضافة إلى إجمالي تكاليف التنفيذ المقدَّرة ما بين 60 تريليون دولار أمريكي، وصولًا إلى 600 تريليون دولار أمريكي. وستتغير العوامل الكيميائية والأحيائية المتعلقة بالأنهار ومناطق المحيطات المجاورة تغيرًا جذريًّا.

وربما تكون عملية «الالتقاط المباشر للهواء» هي الخيار الأكثر اعتدالًا من وجهة نظر بيئية؛ لإزالة ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع. ويمكن القيام بذلك عن طريق تمرير الهواء من خلال راتنجات التبادل الأنيوني، التي تحتوي على مجموعات من الهيدروكسيد، أو الكربونات، التي تمتص ثاني أكسيد الكربون عندما تجفّ، وتُطْلِقه عندما تكون في الحالة الرطبة. وعندها، يمكن ضغط ثاني أكسيد الكربون المنتزَع، وتخزينه على شكل سائل، ودَفْنه تحت الأرض باستخدام تقنية امتصاص الكربون، وتخزينه6.

تغطي التكاليف التشغيلية لتقنية الالتقاط المباشر للهواء نطاقًا شبيهًا بالتكاليف التقديرية؛ لتعزيز أثر العوامل الجوية. ومن الممكن أن تتطلب عملية استخراج ثاني أكسيد الكربون وجود الأرض، وربما تستلزم وجود الماء أيضًا. وكما هو الحال في سيناريو تقنية «الطاقة الحيوية المترافقة مع امتصاص الكربون وتخزينه»، هناك خطر مِن تسرُّب ثاني أكسيد الكربون من الخزانات الجيولوجية. ويمكن التقليل من هذه المخاطر بتخزين ثاني أكسيد الكربون السائل تحت البحر، أو باستخدام التحول الكيميائي الجيولوجي، الذي ينطوي على تفاعلات طبيعية بين ثاني أكسيد الكربون، وبضع أنواع من الصخور. ومن الناحية النظرية، بدلًا من التفاعلات الكيميائية، يمكن أن يُستخدَم التبريد ـ المعتمَد في إسالة ثاني أكسيد الكربون ـ في إزالة ثاني أكسيد الكربون من الهواء المحيط[14]. ورغم ذلك.. فلا بد أولًا من الفحص الدقيق للجدوى الفنية، والتكاليف، والتأثيرات البيئية المحتمَلة لهذه الطريقة، حيث يمكن أن تنطوي على زراعة النباتات في أماكن نائية، مثل القارة القطبية الجنوبية.

الإجراء العاجل

كخطوة بحثية متقدمة.. لا بد من إيلاء اهتمام عاجل لتوضيح مفهوم العمليات التي يتم اعتبارها ضمن مظلة الهندسة الجيولوجية، وتفريقها عن العمليات التي تُعتبر ضمن عمليات تخفيف آثار تغير المناخ، وذلك على مستوى الأمم المتحدة. وقد أصبح المقصودُ بهذه المصطلحات ضبابيًّا في السنوات الأخيرة، منذ اعتبارها طرقًا مختلفة؛ وفي كثير من الأحيان يتم تضمين عملية إزالة ثاني أكسيد الكربون في كلتا الفئتين، مما يُحْدِث نوعًا من الارتباك والتناقض.

يُعتبر هذا الأمر بالغ الأهمية من وجهة نظر تحليلية، نظرًا إلى الاختلاف الكبير في الدلالات النفسية ما بين الهندسة الجيولوجية، وتخفيف آثار تغيُّر المناخ. ويُعتبر تخفيف آثار تغيُّر المناخ أمرًا جيدًا على مستوى العالم، نظرًا إلى كونه يقلل من الخطر أو الضرر. وفي كثير من الأحيان تثير الهندسة الجيولوجية الشك، أو يتم استبعادها، نظرًا إلى تضمينها طرقًا ذات «تقنيات فائقة، ومخاطر فائقة»، إذ قد تكون الطرق ـ في حد ذاتها ـ ضارة.

لم تتم مناقشة موضوع إزالة ثاني أكسيد الكربون في اتفاق باريس على وجه الخصوص، ومع ذلك.. تبدو عملية انتزاع ثاني أكسيد الكربون شرطًا لتحقيق هدف اتفاق باريس. وتَعتبِر «اتفاقية التنوع البيولوجي» غالبية تقنيات إزالة ثاني أكسيد الكربون ـ إن لم تكن كلها ـ نوعًا من الهندسة الجيولوجية للمناخ، حيث رُفضت مرارًا وتكرارًا كخيار استراتيجي لمعالجة مشكلة تغير المناخ، حيث قامت حكومات الأطراف نفسها ـ البالغ عددها 195 حكومة ـ بعمل تآزُر بين «اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ»، و«اتفاقية التنوع البيولوجي»، وذلك مع وجود استثناءات قليلة. وقد تمثِّل أحد الحلول في التخلِّي عن مصطلح الهندسة الجيولوجية المناخية. وببساطة، وبدلًا من ذلك.. يمكن إجراء تقييم للطرق المختلفة المعتمدة، لتخفيف آثار تغير المناخ، وذلك لكل حالة على حدة.

تَعَرَّض اتفاق باريس إلى الهدف الذي نودّ تحقيقه، ألا وهو عالَم جديد قوي، له ميزانية متوازنة من الكربون، ولكنه لا يبين لنا كيفية تحقيق هذا الهدف. وفي وقتنا الراهن، يجب أن تركز الجهود على الخفض العاجل للانبعاثات، وليس على الاستراتيجية غير المثبَتة نتائجها، التي تتضمن التسبب في «الانبعاث الآن، ثم الإزالة في وقت لاحق»، حيث تنص الحقيقة ـ التي يَعْرِض الجميع عن سماعها ـ على أنه ما لم يتم بذل الكثير من الجهود لخفض الانبعاثات، فهذا سيستلزم بالضرورة إزالة ثاني أكسيد الكربون بنسبة كبيرة مع بدء عام 2020، وهذا يعني امتصاص ما يقارب 20 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا بحلول عام 2100، وذلك للحفاظ على ارتفاع درجة الحرارة العالمية بمعدل «أقل بكثير من درجتين مئويتين»[2]. ولا بد أن نعرف: هل هذا ممكن، وذو جدوى؟ وما الذي ينطوي عليه من مخاطر وقيود بيئية؟ ■

فيل ويليامسون المنسق العلمي لمجلس بحوث البيئة الطبيعية، وزميل مساعد في كلية العلوم البيئية في جامعة إيست أنجليا في نوروتش في المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: p.williamson@uea.ac.uk

1. Fuss, S. *et al. Nature Clim. Change* **4,** 850–853 (2014).
2. Rogelj, J. *et al. Nature Clim. Change* **5,** 519–528 (2015).
3. CBD Secretariat. *Update on Climate Geoengineering in Relation to the Convention on Biological Diversity* (CBD, 2015).
4. Smith, P. *et al. Nature Clim. Change* **6,** 42–50 (2016).
5. Smith, P. *Glob. Change Biol.* http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13178 (2016).
6. National Research Council. *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration* (National Academies Press, 2015).
7. Keller, D. P., Feng, E. Y. & Oschlies, A. *Nature Commun.* **5,** 3304 (2014).
8. Wiltshire, A. & Davies-Barnard, T. *Planetary Limits to BECCS Negative Emissions* (AVOID2, 2015).
9. Gough, C. & Vaughan, N. *Synthesising Existing Knowledge on the Feasibility of BECCS* (AVOID2, 2015).
10. Newbold, T. *et al. Nature* **520,** 45–50 (2015).
11. Williamson, P. *et al. Process Safety & Environ. Protection* **90,** 475–488 (2012).
12. N'Yeurt, A. de R. *et al. Process Safety & Environ. Protection* **90,** 467–474 (2012).
13. Taylor, L. L. *et al. Nature Clim. Change* http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2882 (2015).
14. Agee, E., Orton, A. & Rogers, J. *J. Appl. Meteor. Clim.* **52,** 281–288 (2013).

تاريخ العلوم

عنـدمــا أصبــح تحسيــن النســل قانــونًــا

تَعْرِض **فيكتوريا نورس** دراسة لإساءة استخدام الولايات المتحدة لعِلْم الأحياء تاريخيًّا، وهي حالة «باك بيل».

يُعتبر علم تحسين النسل نقطة ضعف معروفة في التاريخ الحديث للعلوم، حيث مُنحت المصداقية لهذا العلم الزائف في الولايات المتحدة منذ نهايات القرن التاسع عشر، حتى أربعينات القرن العشرين، ذلك العلم الذي يركِّز على «التحسين» النظري للمجموع البشري، عن طريق إيقاف إنتاج ما يفترض أنه الجينات الأقل جودة. والقصة الأقل شهرة من ذلك هي: كيف قَدَّم القانونُ الأمريكي علمَ تحسين النسل، بحيث يحظى بالاحترام الفكري حول العالم، داعمًا برامجه بدءًا من كندا، حتى السويد. وقد أدَّى الفشل الذريع في نهاية الأمر إلى فرض التعقيم الإجباري لما لا يقل عن 60 ألف مواطن أمريكي، واستخدمه النظام النازي؛ لتبرير برنامجه الخاص بالتعقيم، ثم الإبادة في وقت لاحق.

يروي كتاب «البُلهاء» *Imbeciles* لآدم كوهين فصلًا أساسيًّا في هذه القصة، وهي قضية المحكمة العليا الأمريكية في عام 1927، المعروفة بقضية «باك بيل» Buck v. Bell. بدأت القضية في سبتمبر من عام 1924، عندما قام ألبرت بريدي ـ رئيس مستوطنة ولاية فرجينيا لمرضى الصرع والمتخلفين عقليًّا، وهي مصحَّة قريبة من لينشبرج ـ بالتأكيد على أن كاري باك، الأم المراهقة، التي دخلت المصحة في شهر يونيو من ذلك العام تُعتبر «بَلهاء»، وهو التعبير المُستخدَم في ذلك الوقت، للدلالة على التأخر العقلي. وقدَّم بريدي طلبًا رسميًّا لمجلس إدارة المصحة بتعقيم باك.

استند طلب بريدي الرسمي على قانون فرجينيا الخاص بالتعقيم، الذي تم تفعيله قبل أشْهُر من تقديم الطلب، وهو القانون الذي كان بريدي نفسه قد دعّمه. وفي ذلك الوقت، أقرت نصف الولايات الأمريكية تقريبًا بقوانين تحسين النسل، إلا أنه تم اعتبار إجراء عملية التعقيم إجراءً مشكوكًا فيه دستوريًّا. وعندما مات بريدي، أضاف خليفته ـ جون هندرين بيل ـ اسمه إلى القضية. وفي عام 1927، أكدت المحكمة العليا دستورية التشريع؛ مما جَدَّد تفعيل القوانين التي كان مختصُّو تحسين النسل أنفسهم يجدون صعوبة في فَرْضها. وقد عبَّر القاضي أوليفر ويندل هولمز في صياغته للحكم بالعبارة الشهيرة الآن: «تكفينا ثلاثة أجيال من البُلهاء»، مشيرًا إلى باك، وابنتها، ووالدتها. وقد تم «تشخيصهن» كلهن خطأً بالإعاقة الذهنية؛ حيث كانت والدة باك في المصحّة أيضًا.

إن كتاب «البُلهاء» مفعم بالحيوية، وسهل الاستيعاب، وفي كثير من الأحيان يفطر القلوب. وستكون غالبية خلفيات الأحداث وبعض الشخصيات معروفة لمؤرخي علم تحسين النسل، ومنهم نجم عِلْم تحسين النسل، هاري لافلن (مؤلف مرجع في القانون الأمريكي لتحسين النسل)، ومساعده الباحث آرثر إستابروك، الذي كان شاهدًا في قضية باك. أما الشخصيات الأخرى، فتشمل بريدي، وأوبري سترود، المحامي والمُشرِّع الذي كتب قانون فرجينيا لعملية التعقيم.

لقد أبدع كوهين في كتابته عن باك، حيث ادَّعى بريدي أنها كانت «منحلَّة» جنسيًّا»، و«بَلْهاء»، بينما كانت الحقيقة هي أنها كانت في المصحة بسبب تعرُّضها للاغتصاب، الذي أفضى بها إلى الحمل من أحد أقارب والديها بالتبنِّي.



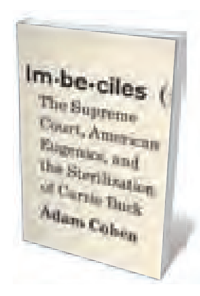
كاري باك يسارًا، ووالدتها إيما في صورة اُلْتقطت لهما في عام 1924.

ARTHUR ESTABROOK PAPERS/SPECIAL COLLECTIONS AND ARCHIVES/ UNIV. ALBANY SUNY

ويعود الفضلُ في البحث عن الحقيقة ومعرفتنا بها، وبأنها لم تعانِ من أيِّ إعاقة إلى عالِم الأحياء التطورية ستيفن جاي جولد، والمؤرِّخ بول لومباردو، مؤلف كتاب «ثلاثة أجيال ليسوا بُلهاء» *Three Generations, No Imbeciles*، الصادر عن مطبعة جامعة جون هوبكنز في عام 2008، فهي كانت فتاة فقيرة، وضحية معزولة للنظام الاجتماعي الذي وصم الأمهات غير المتزوجات بأنهن خَطِرات، ومستحِقّات للعقاب القانوني.

تُلقِي رواية كوهين لقضية المحكمة العليا الضوءَ على العديد من الأمور، فلقد كُتب القانون بحيث يضمن إجراءات قانونية عادلة للشخص محل التعقيم، لكن جلسة استماع محاكمة باك كانت أحادية الجانب بالكامل. وقد تم إقرار شهادة مثيرة للسخرية حول طفلة باك، البالغة من العمر أقل من عام. وأظهر كوهين كيف كان محامي باك ـ الذي يُدعى إيرفينج وايتهيد ـ محتالًا ومُخادِعًا بمقاييس اليوم، وفاشلًا في إلقاء الأسئلة التي يمكن أن تساعد موكِّلته، أو استدعاء شهود لصالحها.

لم تكن باك بمثابة نِدّ للقاضي هولمز، الذي كان من أشهر أعضاء « برهمن بوسطن»، نخبة الطبقة الراقية في ذلك الوقت، حيث عَكَس حُكْمه القانوني القوي حماسته الشخصية لتحسين النسل، من حيث كونه عِلْمًا، كما أنه افترض أن عملية التعقيم متسقة مع الحرية.. فالتعقيم ـ وفقًا لرؤيته ـ سيتيح لساكني المصحّة الخروج منها، وإلا فإنهم سيظلون مُحتجَزين فيها؛ لمَنْعهم من الإنجاب. وحسب افتراض ذلك التفكير



البُلهاء.. المحكمة العليا، والمختصون الأمريكيون بتحسين النسل، وعملية تعقيم كاري باك.
آدم كوهين
بنجوين: 2016.

المُضلل، فإن الشخص المعاق النشط جنسيًّا سوف يقوض «قوة الدولة» ـ على حد تعبير هولمز ـ عن طريق إنتاج سلالة من ذوي الإعاقات.

لقد دعا مصلِحون وعلماء أمريكيون إلى التعقيم ـ بغرض تحسين النسل ـ قبل عقود من قضية «باك بيل»، ومنهم عالِم الأحياء البارع تشارلز دافنبورت، لكن العملية لم تُجْرَ إلا لمامًا، بسبب الخوف من عدم قانونيتها. وقد نشأ علم تحسين النسل نفسه في بريطانيا في أواخر القرن التاسع عشر، وأثراه العالِم الموسوعي فرانسيس جالتون، ذو صلة القرابة غير المباشرة بالعالِم ـتشارلز داروين. ولاقَ هذا المفهوم رواجًا مع التأويلات المعاصرة لمبدأ «الداروينية الاجتماعية»، التي تتعلق بهندسة مفهوم «البقاء للأصلح»، منتِجًا صورة كاريكاتورية فظّة لفكرة داروين.

بلغ عدد الجامعات والكليات الأمريكية التي تقوم بتدريس عِلْم تحسين النسل حوالي 375 بحلول عام 1928، إضافة إلى تأييد 70% من كُتُب الأحياء الدراسية للمرحلة الثانوية لهذا النوع من العلوم الزائفة. كما أقر بهذا العلم عددٌ من الرؤساء، منهم الرئيس الأمريكي ثيودور روزفلت، ودعّمته ماليًّا منظمات خيرية عديدة، منها معهد كارنيجي، ودعا إليه علماء حائزون على جوائز علمية، مثل عالِم الأحياء إدوين جرانت كونكلين، والعالِم الحائز على جائزة «نوبل»، هرمان مولر، مكتشِف إحداث الطفرات عن طريقة أشعة إكس. هذا.. إضافة إلى تأييد بعض المخترعين العظماء، مثل ألكسندر جراهام بيل. فقد بدا علم تحسين النسل كأنه الحل لكل شيء، بدايةً بفقد السمع، حتى السلوك الإجرامي. ومال الداعون إليه في بريطانيا إلى التركيز على العزل والتعقيم الاختياري. وشملت قائمة أكبر مؤيِّدي علم تحسين النسل البريطانيين علماء يساريين، مثل جاي. بي. إس هالدين، وهافلوك إليس، وشملت كذلك داعمين، مثل الخبير الاقتصادي جون مينارد كينز، ومُصْلِحين اجتماعيين، مثل سيدني وبياتريس ويب، والكاتب هـ.ج. ويلز.

خَرَجَتْ باك من المصحّة في عام 1927، بعد شهر من عملية التعقيم التي أُجريت لها، وعملت كمساعدة في المكان، كنوع من إطلاق السراح المشروط، ثم تزوجت في وقت لاحق. وقد أُجريت لأختها دوريس عملية تعقيم أيضًا. وتشير المقابلات الصحفية التي تمّت معها إلى أنها كانت تظن أن العملية لاستئصال الزائدة الدودية. وهكذا، يتعقب كتاب «البُلهاء» تفاصيل حياتهم اللاحقة، مشيرًا إلى أكثر جوانب القضية تأثيرًا، وهي رسائل باك إلى المصحّة حول أقاربها، وقوانين الخروج المشروط. وحسبما يشير المؤلف، فإن هذه الرسائل تكشِف عن ذكاء باك، واجتهادها في محاولة حماية والدتها، وطفلتها التي عاشت مع عائلتها بالتبنِّي، والتواصل معهم. وهكذا، تكتمل شهادة الكاتب على أحد أكثر إخفاقات العدالة إثارةً في التاريخ الأمريكي. وإلى يومنا هذا، لم تُعِدْ المحكمة العليا النظرَ رسميًّا في قضية «باك بل». ■

فيكتوريا نورس أستاذة القانون بجامعة جورج تاون، واشنطن.
البريد الإلكتروني: vfn@law.georgetown.edu

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


VINCE BURTON/ NHPA/PHOTOSHOT

يمكن استخدام القواعد الحيوية لعمل نموذج للتفاعلات بين الحيوانات المفترسة، والفرائس، مثل حيوانات الوشق، وأرانب الثلج.

علم البيئة

استخراج خلاصة علم الأحياء

يعرِض **بريان إنكويست** دليلًا إرشاديًّا حول إنعاش الحياة على الأرض.

هل من الممكن أن يصبح علم الأحياء قابلًا للتنبؤ، كعلوم الفيزياء؟ وهل من الممكن أن يرشدنا هذا التنبؤ فيما يخص تغذية الكوكب، وعلاج تدهور النظام البيئي، والتغير المناخي، وانقراض الأنواع الحية؟ هذه هي الأسئلة العامة التي بَنَى عليها عالِم الأحياء التطورية شون كارول كتابه الجذاب، الغنيّ بالأفكار الكبرى الجريئة «قواعد سيرينجيتي» *The Serengeti Rules*.

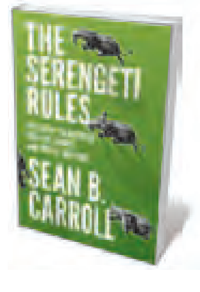
يُعتبر عِلْم الأحياء عِلْمًا معقدًا، فنظرة خاطفة على مخطَّط للمسارات الكيميائية الحيوية في الخلية، أو التفاعلات بين الحيوانات المفترسة والفرائس في نظام بيئي ما، ستكشف عن تشابكات معقدة ضخمة. ولا شك أن تتبُّع التأثير المتتالي للجينات ـ على النمط الظاهري الفردي، أو الجماعي ـ يدل على أن العمليات الحيوية غالبًا ما تكون خصوصية، ومعقدة بطريقة يصعب الإلمام بها. وقد ناقش الباحثون مثل تلك الأنظمة الحيوية خلال العقدين الماضيين، ويمكن وَصْف أغلبها بأنها شبكة من التفاعلات، إلا أن هذا التشبيه مع قُوّته، لا يخبرنا بالضرورة عن مرونة النظام الحيوي الموصوف، ولا يكشف عن القواعد العامة لعالَم الطبيعة، وتنظيم الجينات، والمجتمعات، والأنظمة البيئية.

يتناول كارول فكرةً أكثر ثراء، فهو يبدِّد فكرة أن علم الأحياء معقد جدًّا لدرجة تمنع التعميم، أو وضع أساس لعلم تنبؤي، إذ يتحدث الكتاب عن توحيد علم الأحياء، الذي حدث تحت ظل أكثر الأبحاث شهرة لعلماء بارزين، مثل تشارلز داروين، وجيمس واتسون، وفرانسيس كريك.

NATURE.COM
للمزيد حول العلوم في الثقافة، انظر:
go.nature.com/booksandarts

ومن خلال طريقة حَكْيٍ آسِرة، يبحث المؤلفُ الحياة في الأفكار الأساسية لعلماء الأحياء، التي تبدو معزولة ومتباعدة.

وَجَدَ كارول الخيط الأساسي المشترك في اكتشافات جرت في علم التشريح، وعلم وظائف الأعضاء، وتنظيم الجينات، وأبحاث السرطان. وقد وجد ذلك الخيط عن طريق عالِم الأحياء الجزيئية، الحائز على جائزة «نوبل»، جاك مونو، وجانيت راولي «رائدة علم الوراثة المتعلق بالكروموسومات»، بالإضافة إلى علماء البيئة، مثل توني سينكلير، الذي ساعد في التحليل البيئي لمنطقة سيرينجيتي في تنزانيا، وكينيا.



قواعد سيرينجيتي: السعي لاكتشاف آليّة عمل الحياة، وأهمية ذلك.
شون كارول
مطبوعات جامعة برينستون: 2016.

وقد استخلص كارول المبادئ من هذا الكيان المعرفي، وناقش فكرة أن علم الأحياء ـ على جميع المستويات ـ خاضع لمسلَّمات التفاعلات في الشبكات، من أول عدد الجزيئات في أجسامنا، حتى عدد ونوع الحيوانات والنباتات حول وداخل الأنظمة البيئية، ثم استخلص من علم الأحياء ككل ست قواعد تنظيمية، وهي ما أطلق عليها «قواعد سيرينجيتي»، وأظهر أنها قابلة للتطبيق؛ لإنعاش الأنظمة البيئية المتضررة، ولإدارة الغلاف الحيوي، على حد سواء.

وقد تَحمِل القاعدة نفسها أسماء مختلفة باختلاف السياقات الحيوية المذكورة فيها؛ فوفقًا لقاعدة النفي المزدوج المنطقية، على سبيل المثال، يستطيع منتج جين ما أن يقوم بعملية ردّ فعل؛ لإبطاء عملية تكوينه هو نفسه. وتوجد هذه القاعدة نفسها في النظام البيئي، وتُعرف بالتنظيم من أعلى إلى أسفل، وتحدث عندما يؤدي ارتفاع أعداد الكائن المفترس ـ مثل حيوان الوشق ـ إلى الحد من ارتفاع عدد الفرائس، مثل (أرنب الثلج Snowshoe Hare). ولهذا السبب.. أدّت إعادة إدخال الذئاب إلى منتزه «يلوستون ناشيونال بارك» في وايومنج إلى إحداث تغييرات مستحدَثة في توزيع المياه والغطاء النباتي، حيث إن الذئاب تفترس الأيائل، التي تتغذى بدورها ـ بطريقة غير متكافئة ـ على الصفصاف، الذي ينمو على أطراف المجاري المائية، بالإضافة إلى شتلات الأشجار. ولهذا السبب أيضًا.. يستطيع علماء البيئة مواصلة إدارة منطقة سيرينجيتي، بالإضافة إلى تَمَكُّنهم من «إعادة بناء» نظام بيئي فعّال من الصفر في محمية «جورنجوسا» الوطنية في موزمبيق.

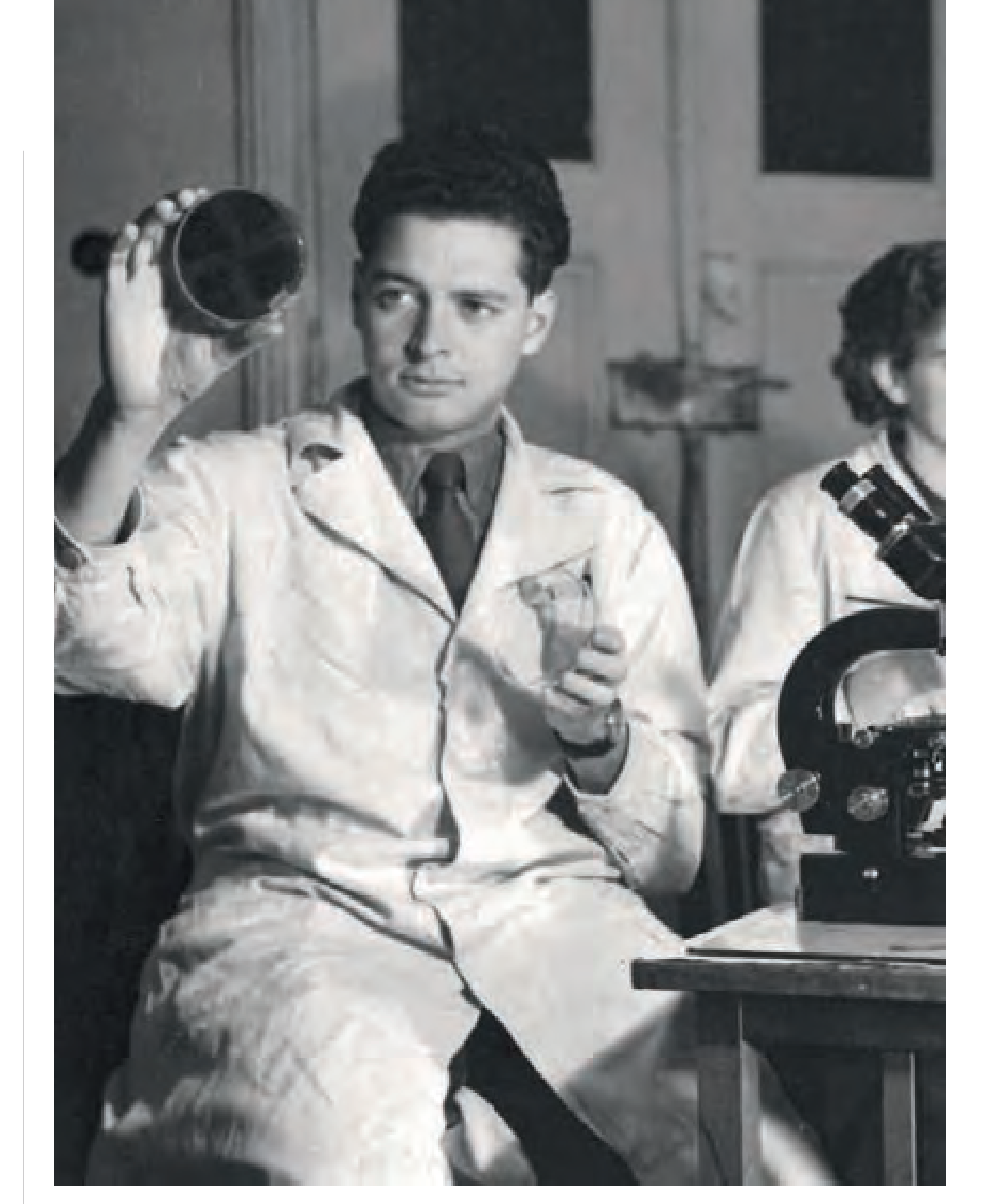
يرى كارول أن قواعد تنظيم وظائف الجسم البشري ـ التي حَسَّنَت الرعاية الطبية، وأدَّت إلى اكتشاف الأدوية المشتقة ـ يمكن تطبيقها على الأنظمة البيئية؛ لتوجيه عملية الحفاظ على البيئة، واستعادة عافيتها، ولعلاج كوكبنا المعتلّ، حيث لخَّصت قواعدُ سيرينجيتي ـ التي قدّمها ـ الضوابطَ والتوازنات التي تقلل من دورات ازدهار تفشِّي الأنواع، وانهيارها، وكذلك اختلال توازن النظام البيئي. ويمكن للأنظمة البيئية التي تفتقد عناصر تنظيمية أساسية ـ مثل الحيوانات المفترسة ـ أن تنهار، وذلك إذا غَزَتْها الكائنات التي تنتشر مع وجود الأنشطة البشرية، مثل النمو «السرطاني» لنبات الكرمة الكودزو Kudzu vine.

ولا يزال بعض الاقتراحات التي قدَّمها كارول قيد النِّقاش (R. D. Grubbs *et al*. *Sci*. *Rep*. **6**, 20970; 2016). وتجدر الإشارة إلى أنه يتم استخدام عمل آخر وثيق الصلة بهذا الموضوع في الحفاظ على البيئة. وهذا العمل هو النتائج التي توصَّل إليها عالِم البيئة التطورية دانيال جانزين حول استعادة الغابات. مع ذلك.. فإنني أظن أن الكثيرين سوف يجدون أفكارًا واستلهامات جديدة في هذا الكتاب.

لقد قَدَّم كارول برهانًا واضحًا على أن علم البيئة على قدم المساواة مع علم الأحياء الجزيئية، وعلم الجينات. ويُعَدّ هذا الكتاب تحية إجلال وتقدير للعالِم تشارلز إلتون، الذي ساعد في تعريف علم البيئة على أنه دراسة تفاعلات أنواع الكائنات في شبكة «غذائية» شكَّلَتها البيئة، (انظر: E. Marris *Nature* **459**, 327–328; 2009). ويقدِّم كارول ـ بناء على رؤيته الخاصة ـ شعارًا متحمسًا للقرن الواحد والعشرين، هو: «دعوة إلى حياة أفضل، من خلال البيئة».

هل تُعتبر قواعد سيرينجيتي هي الدواء الشافي لكل مشكلات البيئة؟ لا بالطبع، لكنّ عَرْض كارول المُقْنِع لهذه القواعد يجعل منها أساسًا قويًّا لمستقبَل عِلْم الأحياء، ولخير البشرية، وللحفاظ على البيئة وإدارتها بشكل جيد. ■

بريان إنكويست يعمل في قسم البيئة وعلم الأحياء التطورية بجامعة أريزونا في توكسون، وأستاذ زائر بمعهد سانتا في نيو مكسيكو.
البريد الإلكتروني: benquist@email.arizona.edu


يان فيلتسك في كلية الطب في براتيسلافا في خمسينات القرن العشرين.

اكتشاف الدواء

سنوات الاضطراب والانتصار

تقدِّم **ماريان تيرنر** مراجعة لمذكرات عالِم الفيروسات اللاجئ والمليونير السخي؛ يان فيلتسك.

لُقِّن طلاب الطب في تشيكوسلوفاكيا الشيوعية في منتصف القرن العشرين أن الوراثة المندلية «علم زائف برجوازي»، بينما صاغ المهندس الزراعي السوفييتي تروفيم ليسينكو نظرية الوراثة التي تماشت مع سياسة الحزب، ذلك المهندس الذي دعَّم ستالين فكرته حول إمكانية توريث الصفات المكتسبة. كان يان فيلتسك آنذاك واحدًا من طلاب كثيرين اعتقدوا في بطلان تلك الفكرة، لكنهم التزموا الصمت. كان عالِم الفيروسات الشاب قد أمضى عقدين من عمره خاضعًا لتلك السلطة الاستبدادية؛ ما أورثه إحباطًا، سيدفعه لاحقًا للتحرر بطريقة مثيرة.

في كتابه «الحب والعلم».. يروي فيلتسك تفاصيل تلك الرحلة الوعرة، التي تكللت بالنجاح. يصطحبنا فيلتسك معه، بدايةً من ميلاده عام 1933 في براتيسلافا ـ تقع في سلوفاكيا حاليًّا ـ لأبوين يهوديين، وصولًا إلى منصبه الحالي كرئيس لمنظمة فيلتسك في نيويورك، ومؤسس مشارِك فيها مع زوجته ماريتسا، المتخصِّصة في تاريخ الفنون. وتَستخدِم هذه المؤسسة الخيرية ـ التي تبلغ قيمتها

NATURE.COM
للمزيد حول العلم والثقافة، ادخل إلى الموقع التالي:
go.nature.com/booksandarts

الحب والعلم: مذكرات
يان فيلتسك
سفن ستوريز: 2016.

ملايين الدولارات عائدات عقار المناعة الذاتية «ريميكيد» Remicade، (إنفليكسيماب) infliximab، لتكريم العلماء والفنانين المهاجرين ذوي الإسهامات القيِّمة في المجتمع الأمريكي.

يبدأ فيلتسك في قصِّ كيفية اكتشافه للدواء. لقد اكتسب خبرته الأولية أثناء دراسته للإنترفيرونات ـ وهي بروتينات يتم إنتاجها عند الإصابة بالفيروسات ـ في معهد براتيسلافا لعلم الفيروسات في بداية الستينات. أمّا نقطة التحول الرئيسة، فقد حدثت في عام 1988 في كلية الطب بجامعة نيويورك، حيث قام بتطوير الأجسام المضادة وحيدة النسيلة؛ لتقاوم جزيء عامل نخر الورم «TNF» المثير للالتهابات. فحسبما كشف فيلتسك وآخرون، فإن لدى مرضى التهاب المفاصل الروماتويدي مستويات عالية من عامل النخر، الذي يتسبب في موت الخلايا. ويُعَدّ ريميكيد أول عقار مضاد لعامل النخر، مُصَرَّح به من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية، بدأ استخدامه عام 1988 لعلاج مرض كرون. ويُستخدم اليوم لعلاج العديد من حالات المناعة الذاتية، بما في ذلك التهاب المفاصل الروماتويدي، والصدفية، ويظل واحدًا من خمسة أدوية هي الأكثر مبيعًا حول العالم.

لطالما شدد فيلتسك على أهمية تَبَنِّي الطب القائم على العلوم الأساسية، واغتنام الفرص، والعمل الجماعي، والقيام ببعض المُخاطرات، وهو لا يفتر عن تقديم الدعم المالي لأبحاث الطب المُتعدِّي، ويحذِّر من أنه بدون الدعم المستمر للبحوث الأساسية، قد لا يكون هناك ما يمكن أن يكون مَحَلًّا للبحث التجريبي. ومع ذلك.. فإن التفاصيل الموجودة في بداية الكتاب حول العلم، والتجارب الإكلينيكية، وإجراءات حفظ حقوق الملكية الفكرية الخاصة بعقار «ريميكيد» قد تكون صادمة لهؤلاء الذين اقتنوا هذه السيرة الذاتية، بغرض الاطلاع على الأسطورة الشخصية المتضمَّنة فيها فحسب، بينما يصبح كتاب «الحب والعلم» أكثر جاذبية في قسمه الثاني، عندما يعود المؤلف إلى ذكرياته صبيًّا يهوديًّا وُلد في العام الذي تولَّى فيه هتلر حُكْم ألمانيا.

إنها حكاية عن الإبداع، والإخفاقات التي كانت وشيكة. فقد تحولت والدة فيلتسك إلى الكاثوليكية في عام 1939، وتحول والده عام 1942؛ مما سمح لهما بالإفلات من الإجراءات العقابية للحكومة التشيكوسلوفاكية ضد اليهود، وأدخلاه إلى دار أيتام كاثوليكي عندما كان عمره ثماني سنوات، في محاولة أخرى لمنع ترحيله. ونجت الأسرة من الحرب العالمية الثانية عبر الكثير من التنقلات، وفترات الشتات، حتى استعادت حياتهم هدوءها في براتيسلافا في عام 1945. كانت الجمهورية الديموقراطية التشيكوسلوفاكية قد عادت إلى أهلها بعد سنوات من الاحتلال والانقسام إبَّان الحرب، لكن الاضطرابات طفت على السطح مجددًا في عام 1948، عندما تولى الحزب الشيوعي السلطة، وسارع بفرض نظام شمولي.

قرر فيلتسك مبكرًا أن يشق طريقه في مجال الأبحاث. انضم إلى معهد علم الفيروسات فور تخرجه في كلية الطب في عام 1957، وسرعان ما نُشرت له ـ منفردًا ـ ورقة علمية في دورية Nature (J. Vilcek *Nature* **187**, 73–74; 1960). أقام العالِم الشاب علاقات قوية مع الباحثين الغربيين، مما أفاده هو وزوجته ماريتسا عندما هاجرا في عام 1964. لقد عَبَرا الحدود من النمسا إلى ألمانيا الغربية بلا أي أوراق رسمية، في مشهد مؤثر، يُذَكِّر بأزمة اللاجئين الحالية في أوروبا. حصل فيلتسك على عروض عمل من زملائه الأمريكيين بسهولة يصعب تخيُّلها

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الآن، فقد التحق بجامعة نيويورك؛ ليشغل منصب أستاذ مساعد، دون مقابلة مُسبَقة، مستفيدًا من حقبة استثمارات البحوث التنافسية التي خاضتها الحكومة الأمريكية أثناء الحرب الباردة.

أما القسم الأخير من الكتاب، فهو الأكثر أصالة في رأيي، حيث يعود فيلتسك إلى قصة نجاح عقار «ريميكيد»، والثروة غير المتوقَّعة التي تولَّدت عنه. كان أوّل عائداته الفصلية من حقوق ملكيته للعقار في عام 1999 أقل من مرتبه السنوي الذي تقاضاه عن عمله الجامعي. وبحلول عام 2005، كان من المتوقع أن تبلغ العائدات المستقبلية ما يزيد على 105 ملايين دولار، حسب ما ذكرته جامعة نيويورك. في البداية، أخذ يان وماريتسا يرتادان المطاعم، ويستقلان سيارات الأجرة أكثر من ذي قبل، وتَمَكَّنَا من دعم عائلتيهما وأصدقائهما ماديًّا، واستبدلا بأثاثهما المستعمل قطعًا من الأثاث الأوروبي الراقي، لكنهما لم يجدا في نفسيهما الميل إلى الحياة الفارهة، ولذلك.. قاما في عام 2000 بعد تزايد العائدات بإنشاء ما أصبح يُعرف بـ«منظمة فيلتسك».

لقد بدآ بدعم أماكن عملهما: كلية الطب بجامعة نيويورك، ومتحف المتروبوليتان للفنون؛ فقدَّما مِنَحًا لنَيْل «الأستاذية»، ولبناء المعامل، وقدَّمَا منحًا دراسية، وأخرى خاصة بإدارة المتاحف؛ مما أكسب المنظمة مكانتها بين أفضل خمس عشرة مؤسسة خيرية أمريكية في عام 2005. وبعد أحداث 11 سبتمبر الإرهابية، لاحظا انحسارًا في ترحيب الولايات المتحدة بالأجانب، فما كان منهما إلا أن أطلقا في عام 2006 جوائز فيلتسك السنوية؛ لتقدير الإنجازات الاستثنائية التي يقدمها المهاجرون إلى الولايات المتحدة في مجالات العلوم الطبية الحيوية، والفنون، والإنسانيات، مع العلم بأن كثيرين من الحائزين على هذه الجوائز كُرِّموا بالفعل من قبل، بدايةً مِن عالِم الأحياء المتخصص في السرطان جوان ماساجي، حتى عازف التشيلو يويو ما. كما أنشأ فيلتسك وزوجته جوائز سنوية للمواهب الإبداعية في عام 2009؛ لتكريم «المواهب الواعدة». وكان من بين الحائزين على الجوائز: العالمة الإيرانية الأمريكية برديس ثابتي، لعملها المتعلق بتطوُّر مسبِّبات المرض (انظر: N. L. Yozwiak *Nature* **518**, 477–479; 2015).

يقص الكتاب هذه الحكاية بتواضع، وبنقل أمين للمشاورات بين آل فيلتسك، وبامتنان كبير للكثيرين ممن قدموا لهم النصح. ويبدو الزوجان مسرورَين بمتابعة الإنجازات العملية لحائزي جوائز مؤسستهما. يان فيلتسك الآن في أوائل الثمانينات من عمره، وهو يذكر في كتابه «الحب والعلم» كيف استطاع مع زوجته ماريتسا بناء المنظمة ودعمها؛ لتستمر، حتى عندما يصبحان لا يستطيعان إدارتها. يشعر المرء بأن فيلتسك سعيد بالإرث الذي سيخلفه وراءه.. العلمي، والخيري. ■

ماريان تيرنر محرِّرة أولى في قسم «أنباء وآراء» بدورية *Nature*.

تصحيح

وَرَد لدينا تصحيح في فقرة بقسم «مراسلات» بعنوان «ليست خرافة.. فوائد فحص الثدي»، (*Nature* **529**, 283; 2016)، حيث تم حذف إعلانٍ عن المصالح المنافِسة لبعضها البعض، وأُضِيف التصحيح في النسخة الإلكترونية.

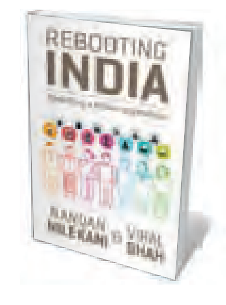
ملخصات كتب




قصة التوحُّد.. مقاربة مختلفة

جون دونفان، وكارين زوكر، كراوْن (2016)

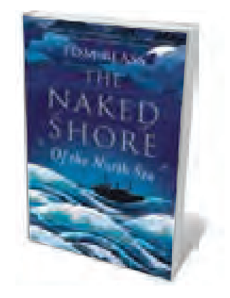
لم يمر وقت طويل بعد صدور كتاب «نيوروترايبز» لستيف سيلبرمان (أفيري، 2015، انظر: *Nature* **524**, 288–289; 2015)، حتى أعقبه هذا الكتاب المهم، الذي يتناول تاريخ التوحُّد. وفيه يتتبع الصحفيان جون دونفان، وكارين زوكر مسار التقدم المتعثر في فهم التوحد ـ حيث يُذكر أن برنامجهما التلفزيوني «أصداء التوحد» قد أحدث دويًّا في بداية الألفية ـ ويرويان قصص عدد من الأشخاص ذوي العلاقة، ومن بينهم دونالد تريبلت، أول مَن شُخِّص بإصابته بداء التوحد، وليو كانر الطبيب الأمريكي، ولورنا وينج الطبيبة النفسية البريطانية. وينفرد الكتاب بنشر ادِّعاء المؤرخ هيرفج تشيك بأن هانز أسبرجر ـ الذي كان أحد اللاعبين الرئيسين في عملية قتل الأطفال «التطهير الاجتماعي» إبان الحكم النازي ـ كان مريضًا عقليًّا.



النهوض بالهند.. تلبية طموحات قاربت المليار عددًا

نادان نيلكاني، وفيرال شاه، آلين لين (2016)

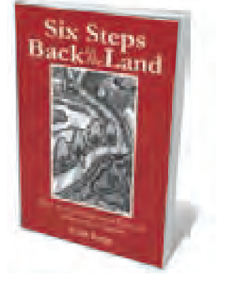
على الرغم من أن شبكة الاتصالات الهندية هي ثاني كبرى الشبكات في العالم، إلا أن سكان المناطق الريفية الفقيرة غالبًا ما يقطعون أميالًا؛ من أجل الحصول على الخدمات. وفي هذا الكتاب التقني الجريء، الذي صدرت منه طبعة جديدة في المملكة المتحدة، يرى كل من رائد الأعمال نادان نيلكاني، وخبير البرمجيات فيرال شاه أن التحديات الكبرى التي تواجهها الهند في المجال المصرفي، ومجال الرعاية الصحية، وغيرها من المجالات، جميعها قابلة للحل، إذا ما تم التعامل معها وكأنها مشروعات حكومية ناشئة، يديرها رواد أعمال مختارون بعناية. وينوِّه نيلكاني وشاه بمشروع بطاقة الهُوِيَّة البيومترية الموحدة «آدهار e-Aadhaar» التي تمت إتاحتها لجميع المواطنين؛ ما يُعَدُّ بمثابة خطوة أولى نحو حكومة ومجتمع رقميين.



الساحل العاري.. ساحل بحر الشمال

توم بلاس، بلومزبري (2016)

يلفت الصحافي توم بلاس النظر إلى أن بحر الشمال الأوروبي ربما يبدو كمساحة مملة شاسعة، مليئة بـ«السُّدُم»، والروائح الكريهة، والاكفهرار»، إذا ما قورن بالبحر المتوسط الجذاب، لكنه إذ يسبر أغواره في هذا الكتاب الشيق المنتمي إلى أدب الرحلات، ينفض الغبار عن تاريخ قديم حافل بالأحداث، ثقافيًّا، وعسكريًّا، وصناعيًّا، واقتصاديًّا. فقد انطلق المؤلف من مصب نهر التايمز المُظلم، وأَبْحَرَ قبالة السهول الفيضية الهولندية (مساحات من الأراضي، مقسمة إلى أجزاء، تُطلق عليها تسميات: «اليقِظة»، و«النائمة»، و«الحالمة»، كلٌّ بحسب بُعدها عن البحر)، ومرَّ باللكنات الفريزية، ومُشادَّات الصيادين، وطيور البفن، وخنازير البحر، وعرَّج على مستقبل المياه الآخِذة درجة حرارتها في الارتفاع، وعلى مزارع الرياح الضخمة.



ست خطوات للعودة إلى الأرض.. لِمَ نحتاج مزارع مختلطة صغيرة، وملايين المزارعين

كولين تادج، جرين (2016)

يؤكِّد عالِم الأحياء كولين تادج أن المعضلة التي يحاول الكثيرون إيجاد حلٍّ لها، المتمثلة في كيفية توفير الغذاء لسكان العالم، الذين من المتوقع أن يصل عددهم إلى عشرة مليارات شخص، تستلزم نهضة زراعية قائمة على مزارع مختلطة صغيرة تُدار بطريقة علمية. وضع تادج وصفة للحل ـ مستعينًا بالمبادئ العلمية، مثل مبادئ علم البيئة الزراعية، مع التركيز على «الكثير من النباتات، والقليل من اللحوم، وأقصى حدٍّ من التنوع» ـ تمتاز بالجِدَّة والعملية، وتستند إلى آخِر ما وصل إليه العلم، فضلًا عن كونها مثيرة للإعجاب أيضًا، إذ تنحو منحى فكر الاقتصاد الدائري الرشيد، وتؤكد على ثقافة غذائية مبنية على معلومات كافية.



العجلة.. الاختراع، وإعادة الاختراع

ريتشارد دبليو بوليت، مطبعة جامعة كولومبيا (2016)

مع تواصل الابتكارات، تظل العجلة هي المحرِّك الأشهر للتطور الثقافي، إلا أن التاريخ التقني الذي يعرضه ريتشارد بوليت يميط اللثام عن بعض التعقيدات. فقد اختُرعت العجلة ثلاث مرات، حيث (ظهرت العجلات الثابتة، والمتحركة على محاور منذ خمسة آلاف سنة، أما العجلات التي تزوِّد بها قِطَع الأثاث؛ ليسهل تحريكها، فقد ظهرت منذ 300 سنة فقط)، ويختلف تعريفها في مجال السكك الحديدية عنه في مجال السيارات، وقد تحاشتها بعض الحضارات، مثل حضارة الأولمِك في العصر قبل الكولومبي. وقد استُخدمت العجلات في عربات الريكشا ـ عربات جرّ هندية ـ المزوَّدة بعجلتين، ثم العربات التي تجرها الثيران، ثم المنازل المنغولية المتنقلة، ثم العربات التي تجرها الخيول، ثم الدراجات. إنه سردٌ سريعٌ ومُتقَن. **باربرا كايسر**

مراسلات

رصاصات الدماغ تحصل على تمويل جماهيري

تم تطبيق «جراحة المجسم»، أو «جراحة الوضع التجسيمي» Stereotaxy - وهي أسلوب جراحي، يَستخدِم مِشْبكًا للرأس؛ لتحديد مناطق الدماغ بدقة، باستخدام إحداثيات المعالم الخارجية، والهياكل التشريحية ـ لأول مرة في القرن التاسع عشر، لكن المجتمع الطبي أغفلها بشكل كبير. وقد «أُعيد اختراعها» بعد 50 عامًا، وهي مستخدَمة بشكل متكرر في هذه الأيام ـ على سبيل المثال ـ في تحفيز أعماق الدماغ؛ لعلاج أمراض معينة، مثل مرض «باركنسون».

كان جاستون كونتريمولنز (1869-1950) طبيبًا، عَلَّم نفسه بنفسه، وقد اخترع إطارَ «مقياس التصوير بالأشعة»، الذي شهد ميلاد جراحة الوضع التجسيمي (**في الصورة**)، وتم استخدامه أول مرة في عام 1897؛ للاسترشاد به في إزالة طلقات من دماغي شابّين، نَجَيَا من الموت، بعد أن أطلقا النار على رأسيهما.

وتم تمويل هذا الانتصار الطبي جماهيريًّا بطلب من كونتريمولنز، وكتبت عنه الصحيفة الفرنسية الأسبوعية «ليلستراسيون» *L'Illustration*، وأثارت اهتمامًا جماهيريًّا كبيرًا به. أما في الصحافة العلمية، فقد اجتذبت تقريرًا وحيدًا على صفحات الدورية التابعة للأكاديمية الفرنسية للعلوم *Compte-rendus Hebdomadaires de l'Académie des Sciences*.

كارولين إبرا، بيير بوردبون، مارك ليفيك مستشفى بيتي سالبيتريير، باريس، فرنسا.
marc.leveque@aphp.fr



HTTP://WWW.LILLUSTRATION.COM

نحتاج إلى مقاييس؛ لتعقُّب التكيُّف

كان «هدف التكيُّف الدولي» أحد الأهداف التي لم يُلتفت إليها في اتفاقية المناخ ـ التي عُقدت في باريس في عام 2015 ـ. ويتمثل هذا الهدف في اتباع خطة طموحة؛ للتكيُّف مع تغير المناخ، تتخطى الحدود الوطنية. وهو أمر ضروري، لأن هدف التخفيف من آثار التغير المناخي يجب أن يأخذ في الحسبان قدرة العالَم على التكيف.

ومن أجل الحفاظ على الهدف طويل الأمد، الذي يرمي إلى الحفاظ على متوسط ارتفاع درجة حرارة العالَم؛ ليكون أقل بكثير من درجتين مئويتين، نحتاج إلى ما يثبت قدرة العالَم على التكيف مع تأثيرات الاحتباس الحراري. ويهدف اتفاق باريس إلى بناء فَهْم جماعي للتكيف، من خلال مقاييس وأدوات تجمع بيانات جهود كل دولة. وسيبرهن تجميع الإسهامات الوطنية على مستوى العالم على ما إذا كان الجنس البشري يسير على الطريق الصحيح من أجل التكيف، أم لا.

وستكون الخطوة الأولى هي إصلاح الاتفاقية في إبريل الحالي بمشاركة 55 طرفًا ـ على الأقل ـ في «اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ» UNFCCC، حيث تمثل هذه الأطراف مجتمعةً ـ على الأقل ـ مَصْدَرَ 55% من إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة.

وسيكون من الضروري تعريف المقاييس التي تعكس الظروف الوطنية، التي تسمح بتجميع البيانات. ولتحقيق ذلك.. سيحتاج العلماء الذين يتعقبون التكيُّف إلى العمل مع الخبراء العاملين في «اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ»، وجهات دولية معينة، مثل «برنامج الأمم المتحدة للبيئة».

ألكسندر ماجنان، معهد التنمية المستدامة والعلاقات الدولية، باريس، فرنسا.
alexandre.magnan@iddri.org

تنظيم إعادة تدوير المخلفات الإلكترونية

تحتاج الهند ـ بشكل عاجل ـ إلى سياسة رسمية لإعادة تدوير الكميات الهائلة لديها من المخلفات الإلكترونية. وهذه المخلفات يضاعفها ما يتم استيراده من الغرب بشكل غير قانوني، ويُتوقع لها أن تصل إلى ما مجموعه حوالي 30 مليون طن بحلول عام 2020.

تأتي النفايات الإلكترونية الغربية إلى الهند بمعدَّل ضخم؛ بسبب ضعف التشريع فيها بخصوص التعامل معها وإدارتها (G. Agoramoorthy and C. Chakraborty *Nature* **485**, 309; 2012).

وبالرغم من أن الناس في الهند يقومون بشكل غير رسمي بإعادة تدوير ما يُقدَّر بنسبة 95% من النفايات الإلكترونية؛ بهدف الحصول على الربح، إلا أن هذه الممارسة قد تطغى عليها الكميات عما قريب.

وقد اقترحت الحكومة الهندية مسودة للتشريعات حول هذه النفايات في يونيو 2015، ليتم تقنينها بعد المداولة العامة. وبدأ هذا الأمر يثبت فاعليته بالفعل، لكن لا تزال هناك حاجة مُلِحَّة إلى سياسة قومية؛ للتخفيف من أضرارها على البيئة. وهذا من شأنه أن يخلق فرصًا توظيفية وتجارية، وأن يعالج المخاوف التي تتعلق بالصحة والسلامة، وأن يشق الطريق نحو تحقيق الاستدامة.

دافيكا كانان؛ وكانان جوفيندان، جامعة جنوب الدنمارك، أودنسه ، الدنمارك.
مادان شانكار، جامعة آنّا، شيناي، الهند.
kgov@iti.sdu.dk

التقنية وحدها لن تنقذ المناخ

دُفن أخيرًا وحش «الشكوك المناخية» في اجتماع المناخ في باريس، المعروف باسم «COP21». ونحن الآن نواجه وحشًا آخر بالقَدْر نفسه من الضخامة، وهو: «التفاؤل غير المنطقي حول تقنيات الطاقة ‹الجديدة›». هذا التفاؤل يدعم نماذج النمو الاقتصادي المدفوعة بالابتكار، التي تعتمد على حجم ومعدل انتشار غير معقول.

وتتطلب هزيمة هذا الوحش الأخير أن نعيد النظر في عاداتنا في استهلاك الطاقة. فقد أدَّى اختيارنا للسيارات الكبيرة ـ التي غالبًا ما تزن أكثر من 20 ضعفًا من وزن الركاب ـ إلى ضياع مكاسب ثلاثين عامًا من رفع كفاءة المحرِّكات، ولكن ذلك يُعتبر بمثابة عادات، وليس احتياجات.

وبإمكاننا أن نستمر في العيش في المجتمعات الغنية باستهلاك ربع الطاقة التي نستخدمها، فعلى سبيل المثال.. بإمكاننا أن نشغل الغلاية الكهربائية ربع الوقت، وأن نقوم بنقل ربع الأعداد المطلوب نقلها من كل من السيارات، والبضائع، والبشر، حيث يتم قياسها بالطن الكيلومتري. وكذلك بإمكاننا بناء المباني، وصناعة المنتجات بنصف المواد المستخدَمة، دون المخاطرة بالأمان، والاحتفاظ بها لفترة تعادل ضِعْف الزمن الذي نحتفظ بها فيه الآن.

إن «النجاح» اليوم مرتبط ـ بشكل كبير ـ بمعايير مشتقة من زيادة إجمالي الناتج المحلي، أو الربحية، أو السرعة، أو الرواتب؛ لكن نُظُم القِيَم لدينا قائمة على معايير أساسية للجودة، والمخزون، وهي: السمعة، والتراث، والرحلات، والعلاقات.

ونحن بحاجة إلى توسيع الحوار حول تخفيف آثار تغير المناخ؛ ليعكس تلك القيم. فتَحَدِّي عاداتنا السيئة لاستهلاك الطاقة يجب أن يكون أولويّتنا الأولى في السياسة المناخية.

جوليان أولوود، جامعة كمبريدج، المملكة المتحدة.
jma42@cam.ac.uk

أنماط طائر الزرزور ليست عفوية

أنتم تستخدمون تجمُّعات أسراب طيور الزرزور بشكل خاطئ؛ لتوضيح مفهوم «المادة الفعالة» في تحديد عمليات فيزياء الحياة (*Nature* **529**, 16–18; 2016). فهذا السلوك يعتمد على المعلومات التي يتم توصيلها من جانب أفراد أبعد من الجيران اللصيقين للطائر، على عكس الأنماط العفوية التي يتم تشكيلها في المواد الفعالة من وحدات تتحرك بشكل مستقل. وإلى جانب المعلومات حول طيران

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جيرانها القريبين، تَستخدم طيور الزرزور مواقعها في السرب لضبط سلوكها في التغريد (D. J. G. Pearce *et al*. *Proc*. *Natl Acad*. *Sci*. *USA* **111**, 10422–10426; 2014). ويوفر السرب هذه المعلومات من خلال إلقاء «ظل» الكثافة المحيطة به على شبكية العين الخاصة بكل طائر. وهذا يتيح للزرزور أن يعرف ما إذا كان عند حافة السرب، أم لا، وما إذا كان آمِنًا من المفترسِين، أم لا.

إن سلوك طيور الزرزور أشبه بفكرة ردود الأفعال المنعكسة (انظر: G. Soros *J*. *Econ*. *Methodol*. **20**, 309–329; 2013)، حيث إنه في ردود الأفعال المنعكسة يتصرف الأفراد استجابةً لسلوك أولئك المجاورين المحيطين بهم، واستجابة كذلك للتأثير الاجتماعي للتفاعل كوحدة جماعية؛ وهي في هذه الحالة «السرب». ويبدو أن مجموعات الزرزور ـ مثل البشر ـ تتفاعل باستخدام معلومات اجتماعية غير موضعية؛ لتشكيل السلوك الفردي.

جون سكويلس، كلية لندن الجامعية، المملكة المتحدة.
j.skoyles@ucl.ac.uk

احْمُوا الغابات العتيقة من الزوال

تُعتبر غابة بياوفيجا ـ الواقعة على الحدود بين بولندا، وروسيا البيضاء ـ آخِر غابة بدائية منخفضة في أوروبا، لا تزال تحكمها العمليات الطبيعية، ولكنها الآن باتت مهدَّدة، بسبب قطع الأخشاب على نطاق واسع غير مسبوق، الذي اقترحته الحكومة البولندية الجديدة، وسببه الظاهري هو وقف تفشي خنفساء اللحاء الأوروبية (*Ips typographus*). ونحن نطالب بشدة بالحفاظ على غابة بياوفيجا، إذ إنها تُعتبر مخططًا بيئيًّا ضروريًّا لاستعادة الغابات العتيقة، ومختبرًا استثنائيًّا لاستقصاء تأثيرات التغير العالمي.

وستُضاف المعايير المقترَحة التي طرحتها الحكومة من أجل تحديث خطة بولندا العشرية لإدارة الغابات، التي وَضعت في عام 2012 حدًّا لقطع الأخشاب، يصل إلى 48 ألف متر مكعب سنويًّا. وهذا الحد كان كافيًا للوفاء باحتياجات المجتمعات المحلية، والحفاظ على عفوية العمليات البيئية الطبيعية.

هذا.. لكنّ قَطْع الأشجار المصابة ـ المخطَّط له على نطاق واسع ـ يتجاهل دور خنفساء اللحاء المحوري في تشكيل الديناميكيات طويلة الأمد، والهياكل الخاصة بالغابات (انظر: B. Beudert *et al*. *Conserv*. *Lett*. **8**, 272–281; 2015). وإضافة إلى ذلك.. فإذا ما أردنا احتواء تفشِّي الخنفساء، سيكون من الضروري قطع 80% من الأشجار المصابة (L. Fahse and M. Heurich *Ecol*. *Model*. **222**, 1833–1846; 2011)، وهو ما يعني الاعتداء على 35% من مساحة الغابة المحمية. ومن الملاحظ أن نسبة 57% فحسب من حصاد الأشجار المقرَّر يأتي بسبب الصنوبر، الذي يُعتبر فصيلة الأشجار المعيلة لخنفساء اللحاء.

برزيميسلاو تشيلاريكي، متحف ومعهد علم الحيوان، الأكاديمية البولندية للعلوم، وارسو، بولندا.
نوريا سيلفا، معهد الحفاظ على الطبيعة، الأكاديمية البولندية للعلوم، كراكوف، بولندا.
pch@miiz.waw.pl

مراجعات «كوكرين» تُظْهِر تحيُّزًا أيضًا

«كوكرين» هي شبكة دولية لمهنيِّي الصحة العامة، والمرضى، وغيرهم ممن يلخِّصون بيانات الدراسات البحثية في صورة مراجعات منهجية؛ لمساعدة المستخدمين على اتخاذ قرارات متبصرة حول علاج الأمراض، والوقاية منها، وفحصها (go.nature.com/z5w5ah). والنموذج الذي نستخدمه لتحقيق ذلك في مجموعة «عيون ورؤية كوكرين» Cochrane Eyes and Vision (CEV) بالولايات المتحدة بإمكانه أيضًا أن يتعرض للأخطاء من النوع الذي أشار إليه ديفيد أليسون، وزملاؤه (*Nature* **530**, 27–29; 2016).

وفي هذه المجموعة يشترك الباحثون الإكلينيكيون مع مجموعة من خبراء المنهجيات الذين يراجعون البيانات، ويطبقون وسائل مثبتة خلال إجراء المراجعة المنهجية. هؤلاء الخبراء مدرَّبون على التعرف على التحيز المحتمَل، والأخطاء الإحصائية في الكتابات، وعلى كشف ما قد يبدو كتابة متحيزة عمدًا، أو تلاعبًا بالنتائج.

وبإمكان الخبراء أن يتعرفوا على الأخطاء في الدراسات الأولية، وأن يلفتوا الانتباه إليها، لكنهم لا يستطيعون إصلاح الأخطاء الحالية. ويحتاج خبراء المحتوى إلى أنْ يتعاونوا مع المتخصصين في المنهجيات؛ لتقدير الأخطاء في البداية، عن طريق تصميم وإجراء دراسات ذات خطر تحيُّز بسيط. ويجب أن يصِرّ محرِّرو الدوريات العلمية على اتباع الباحثين لمعايير الكتابة، كما يجب على الجمهور أن يطالب بأنْ تكون قرارات الرعاية الصحية مدعومة بأدلة علمية قاطعة.

كاي ديكيرسين، تيانجينج لي، كلية بلومبرج للصحة العامة بجامعة جونز هوبكنز في بالتيمور، ميريلاند، الولايات المتحدة الأمريكية.
kdicker3@jhu.edu

تَمّ كشف المصالح المالية المتنافسة (انظر: go.nature.com/31fu47).

شفافية.. ليست الأمور بهذه البساطة

نرى أن الإطار الذي وضعه شتيفان ليفاندوفسكي، ودوروثي بيشوب لإدارة شفافية العلوم مفرط في التبسيط، ويحتاج إلى أدلة داعمة أكثر حزمًا («لا تسمحوا للشفافية بتدمير العلوم» *Nature* **529**, 459–461; 2016).

إن تحليل الباحثين انحيازي، بسبب اعتماده على شهادات لنطاق محدود من الخبراء الذين تمت دعوتهم إلى اجتماع الجمعية الملكية في العام الماضي (انظر: go.nature.com/zptirs). ومن الضروري كذلك وضع القضايا المعقدة المرتبطة بالانفتاح والشفافية في الحسبان (انظر: S. Jasanoff *Law Contemp*. *Probl*. **69**, 21–45; 2006).

لقد قدَّم الباحثون موضوعات مهمة، مثل الخبرة، والحدود بين التخصصات، والتواصل، باعتبارها ثنائيات بسيطة. وهذه التقسيمات تتجاهل الأدلة الكثيرة على وجود فروق دقيقة متوفرة في كتابات العلوم الاجتماعية، بشأن مَن يتم اعتباره خبيرًا، وتحت أيّ ظروف (انظر، على سبيل المثال: go.nature.com/xdfzrn).

وفي رأينا، يجب ألا يتم وضع أطر لقضايا الإدارة المتعلقة بالانفتاح والشفافية من جانب المجتمع البحثي فحسب، بل يجب أن ينضم إلى النِّقاش كذلك ممثلون من كافة نطاقات وجهات النظر الأخرى.

وارين بيرس؛ **وسارة هارتلي**؛ و**بريجيت نيرليش**، جامعة نوتنجهام، المملكة المتحدة.
warren.pearce@nottingham.ac.uk

شفافية.. توضيح يفتقر إلى الشفافية

نحن نتساءل عن سبب اختياركم لصورة القفل والخنجر التوضيحية، التي استخدمتموها لافتتاح نِقَاش شتيفان ليفاندوفسكي، ودوروثي بيشوب («لا تسمحوا للشفافية بتدمير العلوم» *Nature* **529**, 459–461; 2016). فبالنسبة لنا.. يعطي هذا انطباعًا خاطئًا بأن المقال يتناول الوصول المفتوح إلى النشرات العلمية، ويوحي ـ في ضوء العنوان ـ بأن النشر المفتوح يمثل تهديدًا للعلوم، في حين أن الباحثين لم يرسلوا مثل هذه الرسالة المخيفة، التي تطالب بالالتفات إلى المبادئ الأكثر عمومية للانفتاح والشفافية في إتاحة الوصول إلى البيانات البحثية الأصلية.

كارين شاشوك، غرناطة، إسبانيا.
ريميديوس ميليرو، معهد CSIC للكيمياء الزراعية وتقنيات الغذاء IATA، فالنسيا، إسبانيا.
kshashok@kshashok.com

اليابان تبرِّر موقفها من صيد الحيتان

باعتباري مفوَّض اليابان أمام «اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان»، أختلف مع القول الذي يعلن أن عملية المراجعة التي تقوم بها اللجنة فيما يخص صيد الحيتان للأغراض العلمية «مضيعة للوقت»، (A. Brierley and P. Clapham *Nature* **529**, 283; 2016).

إنّ هذه العملية تشمل مراجعة مستقلة من جانب لجنة خبراء، ومراجعة أوسع من جانب اللجنة العلمية التابعة للجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان، وليس لأنصار البحث العلمي تَدَخُّل في النتائج التي تتوصل إليها لجنة الخبراء. وقد أَوْلَت اليابان الاعتبار الواجب لانتقادات اللجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان، بعد مراجعات علماء أقران في هذا المجال لطلبها المسمى NEWREP-A، الذي أعطى التبرير العلمي لعملية جمع العينات بطرق قاتلة (انظر: go.nature.com/wqpxyb؛ وgo.nature.com/vxjaz6).

يقول كل من برايرلي، وكلافام إن اليابان فشلت في تغيير خططها البحثية «بأي طريقة مجدية»، بعد توصيات اللجنة العلمية التابعة للجنة الدولية لشؤون صيد الحيتان، بأنه ينبغي عليها استكشاف البدائل غير القاتلة، المستخدَمة على نطاق واسع؛ ولكن في الواقع تم إدراج هذه الطرق ضمن الخطط البحثية للتقييم في ضوء الأهداف البحثية. وكما أقرت محكمة العدل الدولية في عام 2014، فإن هناك بيانات لا يمكن الحصول عليها بطرق غير قاتلة (انظر: go.nature.com/fboxrt)، ويتضمن برنامج البحوث الياباني الجديد الأساليب البحثية القاتلة وغير القاتلة، على حد سواء.

إن مزاعم كاتبي المقال بأن صيد اليابان للحيتان «ظاهري» لغرض البحث العلمي ليس أساسًا لنِقَاش علمي لائق. فقد أوضحت اليابان أنها دائمًا على استعداد لإجابة الأسئلة حول برنامجها البحثي (انظر: go.nature.com/dut2kx)، وأنها تتطلع إلى نِقَاش علمي بنَّاء في اجتماع اللجنة في يونيو القادم.

جوجي موريشيتا، معهد البحوث الوطني للمصائد السمكية في البحار البعيدة، شيزوكا، اليابان.
jmorishita@affrc.go.jp

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مارفن لي مينسكي

(2016–1927)

أحد الآباء المؤسسين للذكاء الاصطناعي.

لم يكن مارفن لي مينسكي يطيق أولئك الذين شكَّكوا في إمكانية أن تكون الحواسيب ذكية بقدر ذكاء البشر، أو أذكى. ففي أواخر الخمسينات، واستكمالًا لعمل آلان تورينج، وبالتعاون مع علماء الحاسب: جون مكارثي، وهربرت سيمون، وآلان نويل، بدأ مينسكي العمل الذي حدا بالجميع إلى اعتبار تلك المجموعة مؤسِّسة لمجال الذكاء الاصطناعي. ولولا عزيمتهم القوية، لما كان لهذا التقدم أن يحدث.

وُلد مينسكي ـ الذي تُوفي في 24 يناير الماضي ـ في مدينة نيويورك في عام 1927. وبعدما خدم في البحرية الأمريكية في الحرب العالمية الثانية، حصل مينسكي على شهادة جامعية في الرياضيات عام 1950 من جامعة هارفارد في كمبريدج، ماساتشوستس، حيث أثار إعجاب عالِم الرياضيات أندرو جليسون بإثباته نظريات النقطة الثابتة في الطوبولوجيا. وأثناء دراسته لنيل الدكتوراة في آلات التعلم بجامعة برينستون في ولاية نيوجيرسي، قام مينسكي بإنشاء آلة من هذا النوع، مستخدِمًا الصمامات المفرغة، والمحركات.

وبعد حصوله على درجة الدكتوراة، أوصى علماء الرياضيات البارزين.. جون فون نيومان، ونوربرت وينر، وكلود شانون بتعيينه عضو هيئة تدريس في جامعة هارفارد. وفي ذلك الوقت، أثارت كيفيةُ عمل الدماغ فضولَ مينسكي، ولكنه كان مُحبَطًا بسبب جوانب القصور في المجاهر التقليدية، التي لا تعطي صورًا واضحة للأنسجة العصبية السميكة المشتَّتة للضوء. وقد أدَّى ذلك إلى اختراعه المجهر الماسح مُتَّحِد البؤر، الذي يَستخدِم عدسات لتركيز الضوء على أجزاء صغيرة من العيِّنة بشكل متتالٍ.

في أواخر الخمسينات، أَسَّس مع مكارثي مجموعة بحثية، أصبحت تُعرف فيما بعد بمختبَر الذكاء الاصطناعي، وذلك في معهد ماساتشوستس للتقنية في كمبريدج. وفي عام 1961، نشر مينسكي ورقته البحثية الشهيرة «خطوات نحو الذكاء الاصطناعي»، (M. Minsky *Proc. IRE* **49**, 8–30; 1961)، التي استنفرت هِمَم جيل من الباحثين. توافد العلماء إلى مختبر مينسكي؛ لمواجهة التحدي المتمثل في فهم طبيعة الذكاء، وتطبيع الحواسيب بها. استفاد العلماء من حكمة مينسكي، واستمتعوا برؤاه، وتحليلاته السريعة كالبرق، وبديهته الحاضرة العبقرية.

رأى طلابه في أنفسهم جزءًا من ثورة علمية. وساعدوا مينسكي في تطوير نظريات عالية المستوى حول الكيفية التي يمكن بها للبرمجيات التعرُّف على هياكل مصنوعة من مكعبات ألعاب الأطفال، وإجابة أسئلة عن قصص مكتوبة للأطفال، والخروج بأحكام عامة، انطلاقًا من أمثلة منفردة، والتحلِّي بالحسّ السليم.

كان مختبره مدينة فاضلة، تسودها المساواة. ولم يكن مينسكي يكترث بالشكل، أو الجنس، أو السن، أو الوجاهة. كان اهتمامه يتركز فقط على الأفكار والقدرات. وكثيرًا ما كان مينسكي وزوجته جلوريا يرحبان بالطلاب



في منزلهما، حيث امتلك عددًا من أجهزة البيانو، تشير إلى معجزة مينسكي الموسيقية، وقدرته على ارتجال مقطوعات فريدة.

كان من الصعب الاستحواذ على اهتمام مينسكي لفترة طويلة، فكان كلما شرحتُ له فكرة؛ تَجاوَزني، بعد أن يكون قد استوعب الموضوع كله في ثوان، بعد بضع جُمَل مِنِّي. وفي إحدى المرات، طرحت عليه فكرة أنه إذا حدث وقمنا بإنتاج آلات ذكية حقًّا، فينبغي علينا القيام بالكثير من عمليات المحاكاة، قبل أن نسمح لها بالانطلاق في عالمنا كما تشاء، وذلك للتأكد من أنها ليست خطرة. عندها، قال مينسكي: «وهل نمثل نحن المحاكاة؟»، مخمِّنًا ما ستنتهي إليه فكرتي، وأضاف: «لن تكون نهاية جميلة جدًّا. أليس كذلك؟».

قام مختبر مينسكي ببناء روبوتات غير مسبوقة، وبإنتاج برامج ثورية. اخترع ذراع روبوت تتمتع بحُرِّيَّة حركة تصل إلى 14 درجة. كان يرى أن استكشاف الفضاء، وموضوع معالجة المواد النووية سيكونان أسهل بمساعدة أذرع ميكانيكية يُتحكم فيها عن قُرْب بواسطة الحاسب، أو عن بُعْد بواسطة البشر. كما تنبأ بإجراء الجراحات المجهرية بواسطة جَرّاحِين يستخدمون أنظمة تنفيذ الجراحة عن بعد.

وفي أواخر الستينات، عمل مينسكي مع عالِم الرياضيات بمعهد ماساتشوستس للتقنية ـ سيمور بابيرت ـ على رياضيات «البيرسيبترونات» perceptrons، وهي شبكات عصبية بسيطة؛ ليريا ما يمكنها فِعْله، وما لا يمكنها فعله؛ مما أدى إلى رفع مستوى البحوث التي تدور حول الآليات المستوحاة من الشبكات العصبية.

وفي السبعينات وأوائل الثمانينات، تعاوَن مينسكي وبابيرت في تطوير نظريات للذكاء، ومداخل راديكالية للتعليم المبكر، ركَّزَت على تعليم الأطفال البرمجة باستخدام لغة «اللوجو».

وفي منتصف السبعينات، استحدث مينسكي مفهوم «الإطارات»، باعتباره وسيلة لوصف الكيانات والحالات، وتمثيلها بواسطة ما يشبه القوالب. وعلى سبيل المثال.. فالإطار الذي يصف حفل عيد ميلاد شخص ما سيتضمن خانة للشخص المحتَفَل به، وعمره، وقائمة بالهدايا التي تَلَقّاها، مع خانات للوقت والمكان، تتبثق كلها عن إطار «الاحتفال». كما قام أيضًا بتطوير فكرة خطوط المعرفة «K-lines»؛ لمعالجة المسائل المتعلقة بكيفية تمثيل المعلومات، وتخزينها، واسترجاعها، واستخدامها في الدماغ. كان مينسكي يرى أن خطوط المعرفة تساعدنا في حل المشكلات التي تواجهنا، وذلك بوضعنا من جديد في حالات ذهنية تشبه تلك التي كنا فيها عندما كنا نواجه مشكلات مشابهة في السابق.

وفي عام 1985، قام مينسكي بجمع تلك الأفكار ـ وغيرها الكثير ـ في كتاب بعنوان «مجتمع العقل»، (الناشر: سايمون آند شوستر). يقول مينسكي في الكتاب إن الذكاء ينشأ عن تضافر عدة عوامل، ليس أيٌّ منها ذكيًّا في حد ذاته. وفي عام 2006، نشر مينسكي كتابه «آلة العاطفة»، (الناشر: سايمون آند شوستر)، وهو كتاب عن الذكاء، والإبداع، والعاطفة، والوعي، والحس السليم. ويهيمن «التعدد» على الطابع العام للكتاب؛ فهو يشير ـ على سبيل المثال ـ إلى أن مفاهيم معينة، مثل الذكاء، تُعَدّ «كلمات فضفاضة»، بمعنى أننا نستطيع حشوها بمعانٍ كثيرة. ويقول إن ذكاءنا، وسِعَة حيلتنا ينشآن من استخدام طرق عديدة للتفكير على مستويات متعددة؛ للتعبير عن المعرفة.

مِن المفارَقات التي لاحظها مينسكي في السنوات الأخيرة، أن المشكِّكين في إمكانية تحقُّق الذكاء الاصطناعي أصبحوا قَلِقِين مِن عواقبه. وكان يرى أنه لم يتحقق تَقَدُّم تقني يبرر هذا التغير في المواقف، مُرْجِعًا النجاحات التي حققها الذكاء الاصطناعي مؤخرًا إلى تزايد سرعة الحواسيب. وقد أعرب عن اعتقاده بأنه لم يتم إحراز تَقَدُّم حقيقي كبير في هذا المجال لعدة عقود، ولكنه ـ مع ذلك ـ لم يكن يساوره شك في أن أعظم إرث لجنسنا البشري سيكون الحواسيب الذكية التي نصنعها.

تُعَدّ أحاديث مينسكي، وأوراقه البحثية، وكُتُبه بمثابة مناجم من الألماس. وستحتاج تلك الثروة إلى عقود؛ لفحصها، وصقلها، وسوف تبقى مصدر إلهام للباحثين لعقود قادمة. ■

باتريك هنري ونستون أستاذ الذكاء الاصطناعي في معهد ماساتشوستس للتقنية، كمبريدج، ماساتشوستس، الولايات المتحدة. وبعد تخرُّجه، تتلمذ في الستينات على يد مارفن مينسكي، وأصبح منذ ذلك الحين صديقًا وزميلًا له، معجبًا به.
البريد الإلكتروني: phw@mit.edu

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحـــاث

أنبـاء وآراء

المناعة الذاتية

علاج مناعي نوعي يَستهدِف مستضدًّا محدَّدًا

تُظْهِر الأبحاث أن الجسيمات النانوية المغلّفة بأجزاء من بروتينات الجسم نفسه تحرِّض الخلايا التائية في الجهاز المناعي على اكتساب وظائف تنظيمية، من شأنها أن توقف التفاعلات المناعية الذاتية التي تتضمن هذه المستضدات الذاتية.

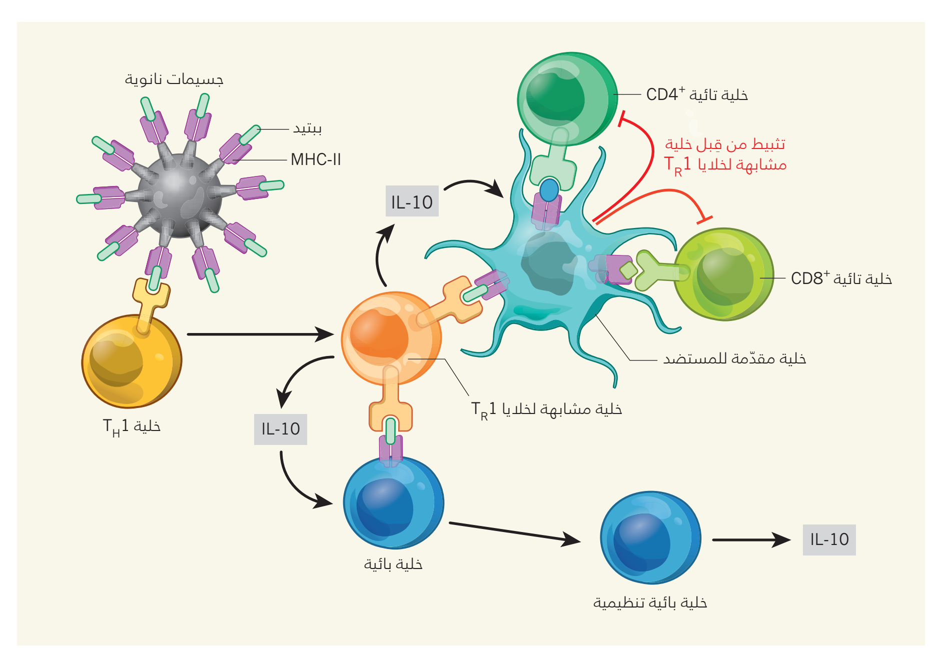
ديفيد ريث

تنشأ أمراض المناعة الذاتية عندما يهاجم نظام المناعة لدينا أنسجتنا الخاصة، إذ تفشل الخلايا المناعية الخاصة بالمصابين في التعرف على بروتينات معيّنة خاصة بالجسم، وتهاجمها كما لو كانت غريبة. تلعب الخلايا التائية المساعِدة (T_H) دورًا محوريًّا في أمراض المناعة الذاتية تلك، إذ تنسق وظائف خلايا أخرى في الجهاز المناعي، بما في ذلك الخلايا البائية، والخلايا التائية السامة، والخلايا البلعمية. وتميل العلاجات المتوفرة حاليًّا إلى وقف عمل الجهاز المناعي ككل، أو ـ في أفضل الأحوال ـ تثبيط حركة الخلايا التائية، أو وظيفتها؛ ما يؤدي حتمًا إلى زيادة إمكانية الإصابة بالعدوى والسرطان. أما العلاج المثالي، فهو أن يتم تحويل وظيفة الخلايا التائية المساعِدة من كونها مسبِّبة للمرض إلى أن تصبح منظِّمة له، دون التأثير على بقية الجهاز المناعي. ومن ثم، يصف كليمنتي كاساريس وزملاؤه[1] في بحثهم جسيمات نانوية مغلّفة، تساعد في إتمام هذا التحول، عن طريق الارتباط بمستقبِلات على الخلايا التائية المحتمَل أن تكون ذاتية التفاعل.

يمكن اعتبار النهج الذي اتبعه الباحثون أحد أنواع العلاج المناعي النوعي الذي يستهدف مستضدًّا محددًا من بين المستضدات، وهي البِنَى الجزيئية المحفّزة لعملية تفعيل الخلايا التائية، أو البائية. وعادة ما تكون مستضدات الخلايا التائية بمثابة قطع صغيرة من البروتينات (تسمى الببتيدات)؛ ويمكن لكل خلية تائية أن تعبّر عن مستقبِل سطحي مختلف، ما يتيح لنظامنا المناعي الاستجابة لمستضدات متنوعة، لا تُعَدّ ولا تُحْصَى، بما في ذلك المستضدات الذاتية. وقد تم تصميم العلاج المناعي النوعي الذي يستهدف مستضدًّا محددًّا؛ لإخماد الاستجابة المناعية نحو مستضد ما، أو مجموعة من المستضدات المترابطة بشكل وثيق. وقد استُخدم هذا المفهوم لعلاج الحساسية على مدار أكثر من قرن من الزمان[2]، إلا أن العلاج المناعي النوعي لأمراض المناعة الذاتية قد تأخر، حتى اكتشاف أن الخلايا التائية المساعِدة يتم تفعيلها من قِبَل ببتيدات مقيدة ببروتينات المركّب الرئيس؛ للتلاؤم النسيجي من النوع الثاني (MHC-II). وقد أدَّى هذا إلى تصميم ببتيدات نوعية تستهدف الخلايا التائية المساعِدة، دون المخاطرة بتفعيل الخلايا التائية السامة ذاتية التفاعل أو الخلايا البائية[3].

إذَن، كيف يمكن أن يؤدي التعرّض لببتيد معروف بتحفيزه للخلايا التائية المساعِدة ذاتية التفاعل إلى وقف المرض الذي تسبِّبه في الأساس؟ يأتي أفضل تفسير لذلك من خلال قاعدة "الإشارة المزدوجة" لتنشيط الخلية التائية[5,4]. فجميع المستضدات، سواء أكانت ذاتية، أم غريبة، يجب أن تتفكك إلى ببتيدات، يجب أن ترتبط فيما بعد ببروتينات MHC-II، وأن تظهر على سطح الخلايا المقدّمة للمستضد (APCs)؛ كي تفعّل الخلايا التائية المساعِدة؛ وتُعتبر تلك هي الإشارة الأولى. كما يتعين على الخلايا المقدّمة للمستضد أيضًا أن تزيد من إنتاجية الجزيئات المحفّزة المشـاركِة، مثل CD80، وCD86، لتقدم الإشارة الثانية المطلوبة من أجل بقاء الخلايا التائية المساعِدة، وتكاثرها.

فما الذي يحدث عندما تتلقى الخلايا التائية المساعِدة الإشارة الأولى فقط؟ كان يُعتقد قديمًا أن ذلك يحفّز حالة عدم تجاوب[6]. والآن، أظهر كليمنتي كاساريس وزملاؤه أن معالجة الخلايا التائية المساعِدة بجسيمات نانوية مغلفة بنوع من الببتيد المقيد ببروتينات MHC-II (ما يُسمى بمركّب pMHC-NP) تحفز الإشارة الأولى فقط أيضًا، لكن بدلًا من



الشكل 1 | الجسيمات النانوية المغلفة تحرِّض تمايز الخلايا التائية التنظيمية. قام كليمنتي كاساريس وزملاؤه[1] بإنتاج جسيمات نانوية مغلفة بأجزاء من بروتينات الجسم (ببتيدات) ذات صلة بأمراض المناعة الذاتية، ترتبط ببروتينات MHC-II. وقد أظهروا أن علاج الفئران بهذه الجسيمات النانوية يعدِّل وظيفة خلايا T_H1، التي تحتوي على مستقبِلات محددة لهذا الببتيد المعيّن؛ فبدلًا من إحداث استجابة مناعية ضد البروتين الذاتي، تتمايز خلايا T_H1 إلى خلايا تائية تنظيمية ـ مشابهة لخلايا T_R1 ـ تفرز البروتين المضاد للالتهاب إنترلوكين 10 (IL-10)، الذي يحفّز تمايز الخلايا البائية إلى خلايا بائية تنظيمية، مفرزة البروتين نفسه (إنترلوكين 10)، كما يعدِّل أيضًا قدرة الخلايا المقدّمة للمستضد (APCs)؛ لتقديم الببتيد المعنِيّ للخلايا المناعية. وإضافةً إلى ذلك.. يمكن للخلايا المشابهة لخلايا T_R1 أن تثبّط تفعيل الخلايا التائية المساعِدة ($CD4^+$)، والسامّة ($CD8^+$) المعنية بببتيدات أخرى مقدَّمة من قِبَل الخلية نفسها المقدّمة للمستضد؛ وهكذا تتواسط التثبيط الهامشي. بهذه الطريقة، يمكن للخلايا المشابهة لخلايا T_R1 أن تستهدف الخلايا المقدّمة للمستضدات في الأنسجة المتأثرة بالتفاعلات المناعية الذاتية، وبالتالي توقف الالتهاب المصاحب للمرض.

إحداث عدم التجاوب فقط، يدفع هذا العلاج الخلايا التائية المساعِدة للتمايز؛ فتتحول إلى خلايا تمتلك خصائص الخلايا التائية التنظيمية، التي تعمل على وقف الاستجابات المناعية.

ومن ثم، تمارس تلك الخلايا التنظيمية وظيفتها، عن طريق إفراز البروتينات المضادة للالتهابات، إنترلوكين 10 (IL-10) وعامل النمو المحوّل بيتا (TGF-β)؛ كما تعبّر عن عامل النسخ T-bet، وتنتج جزيء السيتوكين ناقل الإشارة (IFN-γ) أثناء تمايزها. وتعني هذه السمات أن تلك الخلايا مستمدة من المجموعة الفرعية الأولى (TH1) من الخلايا التائية المساعدة (الشكل 1). ويُعَدّ تمايز الخلايا التائية المفرزة لإنترلوكين 10 ـ وهي المشار إليها هنا باسم الخلايا المشابهة للنوع الأول من الخلايا التائية التنظيمية (T_R1) ـ من خلايا T_H1، هو بمثابة آلية تنظيم مناعي، تُعرف بوقفها للاستجابات المناعية المفرطة في أنواع مختلفة من العدوى[7-9]. وتتواسط هذه الخلايا آلية ارتجاع سلبي، تتضمن تثبيط الجزيئات التحفيزية المشاركة، الموجودة على الخلايا المقدّمة للمستضد، وإنقاص بروتينات الالتهاب التي تفرزها الخلايا المقدّمة للمستضد أيضًا[10].

فما هي تتابعات تحفيز تلك الخلايا المشابهة لخلايا T_R1 من قبل العلاج باستخدام مركّب pMHC-NP؟ أظهر كليمنتي كاساريس وزملاؤه أن تلك الخلايا تثبط عمل الخلايا المقدّمة للمستضد، وتدعم التنظيم المناعي، عن طريق تعزيز إنتاج إنترلوكين 10 من قِبَل الخلايا البائية (الشكل 1). كما أثبتوا انتقائية نهجهم باستخدام نماذج تجريبية مختلفة للأمراض المناعية الذاتية؛ فمركّبات pMHC-NP الحاملة لببتيدات من الكولاجين ـ وهو مستضد مشتق من المفاصل ـ أوقفت المرض في نموذج فأري لالتهاب المفاصل الروماتيزمي، لكن ليس في الفئران المصابة بالالتهاب النخاعي الدماغي التجريبي ذاتيّ المناعة (EAE)، وهو نموذج للتصلب المتعدد. أما مركّبات pMHC-NP الحاملة لببتيدات مستضدّات من الجهاز العصبي المركزي، فقد سيطرت على الالتهاب النخاعي الدماغي التجريبي ذاتيّ المناعة، لكنها لم تسيطر على التهاب المفاصل المحفَّز بالكولاجين. ويؤكد ذلك على أن التنظيم المناعي الذي يحفّزه العلاج باستخدام مركّب pMHC-NP يُعَدّ علاجًا انتقائيًّا للمستضد المحدد والأنسجة المعنية، وبالتالي المرض المُراد علاجه.

إضافةً إلى ذلك.. لم تحتجْ مركبات pMHC-NP أن تستهدف الخلايا التائية الخاصة بكل الببتيدات في العضو المصاب. فحتى ببتيدات المستضدات الأضعف، التي لا تحفز ظهور المرض في المقام الأول، كانت قادرة على تحفيز الخلايا المشابهة لخلايا T_R1، التي أوقفت عمل الخلايا التائية المساعدة والسامة، ذات الفعالية المضادة للمستضدات الأخرى (الشكل 1). وهكذا، وعلى الرغم من أن هذا العلاج شديد الانتقائية للمستضد في مرحلة التحريض الأولية، إلا أنه يستطيع التأثير محليًّا على أذرع الاستجابة المناعية الأخرى، عن طريق تحفيز نشاط الخلايا البائية التنظيمية، وإخماد الخلايا التائية المساعِدة والسامَّة المختصّة بمستضدات مختلفة. ويتطلب ذلك أن يكون جزء الببتيد من المستضد المحرِّض والمستضدات الأخرى مقدَّمًا من الخلايا نفسها المقدّمة للمستضد.

فهل من الممكن أن يؤدي هذا التثبيط الهامشي إلى تثبيط مناعي جهازي، عن طريق وقف نشاط الخلايا غير المشاركة في الاستجابة المناعية الذاتية، مؤديًا إلى زيادة إمكانية الإصابة بالعدوى أو السرطان؟ الإجابة هي: لا، إذ سيقتصر التثبيط الهامشي على الغدد الليمفاوية المرتبطة بالعضو المصاب، وسيؤثر فقط على الخلايا المقدّمة للمستضد الذاتي المناسب. وقد قام كليمنتي كاساريس وزملاؤه باستعراض هذه الانتقائية بوضوح؛ فالفئران التي عولجت بمركّبات pMHC-NP محميّة من أمراض المناعة الذاتية المتصلة بالأمر، إلا أنها تبدي استجابات كاملة للعدوى والمستضدات الغريبة.

تَستخدِم العلاجات التجريبية في هذه الدراسة نماذج عالية التميّز لأمراض المناعة الذاتية، لكن هل يمكن اعتبار هذا العمل مجرد نهج علاجي آخر ناجح في الفئران، لكنه لن ينجح أبدًا في البشر؟ يبدو أن ذلك ليس صحيحًا؛ فالباحثون يُظهِرون أن العلاج بمركّبات pMHC-NP يؤدي إلى تمايز وتكاثر الخلايا البشرية المشابهة لخلايا T_R1 في الفئران المصابة بالعوز المناعي التي زُرعت فيها خلايا تائية وبائية بشرية، مما يدل على أن هذا النهج العلاجي يعمل على الخلايا البشرية. كما يشير عمل الفريق أيضًا إلى أن هذا النهج أكثر فاعلية من العلاج باستخدام مونومرات الببتيدات المرتبطة بالمركّب الرئيس للتلاؤم النسيجي، إذا أُعطي بجرعات مماثلة. كما يبدو أكثر تثبيطًا من تطبيق الببتيد وحده؛ إلا أن الجرعات وطرق الإعطاء في هذه الاختبارات لم تكن متشابهة.

"يدفع هذا العلاج الخلايا التائية المساعِدة للتمايز إلى خلايا تمتلك خصائص الخلايا التائية التنظيمية، التي تعمل على وقف الاستجابات المناعية".

هناك أدلة دامغة على أن مستضدات الببتيد يمكنها تحفيز الخلايا المشابهة لخلايا T_R1[11]، ووقف أمراض المناعة الذاتية في الفئران والبشر[9]. وبما أن العلاج بمركّبات pMHC-NP يحفّز الخلايا المشابهة لخلايا T_R1، المماثلة لتلك التي تظهر بعد إعطاء الببتيد وحده، إذًا تحاكي تلك المركّبات الخلايا المقدّمة للمستضدات، التي ترتبط بها الببتيدات العلاجية في الجسم الحيّ. وسيكمن التحدي في كل من هذه المناهج في العثور على الجرعة الأمثل، وطريقة الإعطاء الأفضل؛ من أجل علاج المصابين. ومع التقدّم نحو التجارب الإكلينيكية، من المهم أن يتم التحقق بالتفصيل من آليّة عمل تلك المركّبات، بحيث يستفيد المرضى بشكل كامل من العلاج المناعي النوعي الموجَّه نحو مستضد محدد؛ لعلاج أمراض المناعة الذاتية. ■

ديفيد ريث يعمل في كلية الطب الخلوي والجزيئي، جامعة بريستول، بريستول BS8 1TD، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: d.c.wraith@bristol.ac.uk

1. Clemente-Casares, X. *et al. Nature* **530,** 434–440 (2016).
2. Noon, L. *Lancet* **i,** 1572–1573 (1911).
3. Larché, M. & Wraith, D. C. *Nature Med.* **11,** S69–S76 (2005).
4. Lafferty, K. J. & Cunningham, A. J. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.* **53,** 27–42 (1975).
5. Baxter, A. G. & Hodgkin, P. D. *Nature Rev. Immunol.* **2,** 439–446 (2002).
6. Schwartz, R. H. *Annu. Rev. Immunol.* **21,** 305–334 (2003).
7. O'Garra, A., Vieira, P. L., Vieira, P. & Goldfeld, A. E. *J. Clin. Invest.* **114,** 1372–1378 (2004).
8. Trinchieri, G. *J. Exp. Med.* **204,** 239–243 (2007).
9. Sabatos-Peyton, C. A., Verhagen, J. & Wraith, D. C. *Curr. Opin. Immunol.* **22,** 609–615 (2010).
10. Gabryšová, L. *et al. J. Exp. Med.* **206,** 1755–1767 (2009).
11. Burton, B. R. *et al. Nature Commun.* **5,** 4741 (2014).

يُقرّ مؤلف الموضوع على وجود تضارب مصالح مالية.
للاطلاع على التفاصيل، قم بزيارة: go.nature.com/ukjrkv.

علم المناخ

أنماط متخفِّية في انحدار مستوى الكربون المحيطي

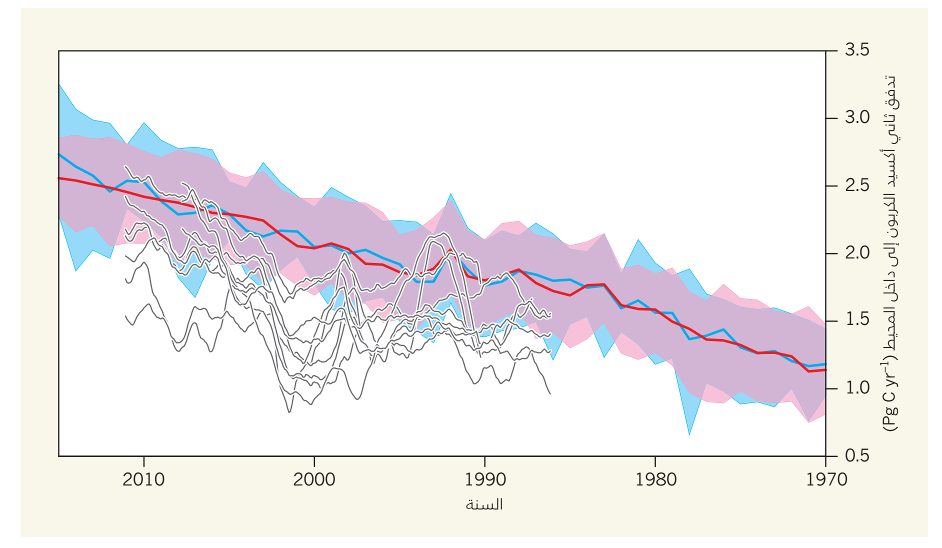
تبيِّن تجارب محاكاة تدفق ثاني أكسيد الكربون الجوي إلى داخل المحيط أن تغيُّراته التي ترتبط بالأنشطة البشرية تحجبها التنوعات المناخية الطبيعية في الوقت الحالي، إلا أنها ستظهر جليَّة في المستقبل القريب.

تاتيانا إلينا

قامت المحيطات بالفعل بامتصاص حوالي ثلث الكربون الذي يَصْدر من البشر[1]؛ ولذا.. فهو يلعب دورًا محوريًّا في مسألة اعتدال التغيرات المناخية. تؤكد عمليات استكشاف[2] باطن المحيط أن الزيادات الملاحَظة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ـ نتيجة لحرق الوقود الأحفوري ـ يصاحبها ارتفاع في المحتوى الكربوني في الجزء العلوي من المحيط. تشير ماكينلي وزملاؤها[3] في بحثهم إلى أنه في مناطق عديدة من المحيط لا يمكن التمييز بين تغيرات امتصاص المحيط لثاني أكسيد الكربون بفعل الأنشطة البشرية، والتغيرات التي تحدث بفعل التنوع المناخي الطبيعي. فهل يعمل التنوع الأرضي على إخفاء أنماط انحدار مستوى الكربون المحيطي، التي تسبِّبها الأنشطة البشرية؟

مع ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون، يقوم المحيط بامتصاصه بمعدل يتناسب مع الفرق بين معدل الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في الهواء ومعدله في البحر[2] (وهو مقياس يعبِّر عن تركيز ثاني أكسيد الكربون وسط خليط من الغازات الأخرى). وتتحدد قوة انحدار مستوى الكربون المحيطي بالتفاعلات الكيميائية التي تحدث في مياه البحر، والعمليات البيولوجية، مثل التمثيل الضوئي والتنفس، وكذلك العمليات الفيزيائية، كدوران مياه المحيط، وعملية الخلط الرأسي التي تحدث في المياه[4]. وعلى الرغم من أن هذه الآليات الأساسية معروفة، هناك الكثير مما لا نعرفه عن التغيرات التي تحدث فيها من عام إلى آخر، وتلك التي تحدث عبر عقد من الزمان[5]. ترتبط تلك التغيرات ارتباطًا وثيقًا بأنماط التنوع الداخلي في النظام المناخي "التذبذب الجنوبي-إل نينيو" ENSO، على سبيل المثال، ذات التأثيرات الإقليمية والدولية على الطقس والمناخ؛ وبالتالي، فهي تنظم عملية تنقل ثاني أكسيد الكربون ما بين الهواء والماء، كما تنظم الدورات الجيوكيميائية الحيوية في المحيط.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | معدلات تدفق ثاني أكسيد الكربون من الجو إلى المحيط. تقدِّم هذه الرسوم البيانية مقارنة بين التطور الزمني للمتوسط السنوي لمعدل تدفق ثاني أكسيد الكربون إلى المحيطات (مقدَّر بكمية الكربون المقاس بوحدة البيتا جرام لكل سنة، حيث يساوي البيتا جرام الواحد 10^{15} جرامًا)، المتوقع من خلال تجارب المحاكاة المختلفة للنموذج والملاحظات المرصودة. وعلى الرغم من أن النماذج والملاحظات تكشف عن مسار مماثل فيما يتعلق بالتغير العالمي لتدفق ثاني أكسيد الكربون، إلا أن القيم الموضحة بالرسم متنوعة بشكل ملحوظ، بسبب الشكوك الموجودة في النماذج، والفجوات الموجودة في سجل الملاحظات. وقد أُخذت تنبؤات النموذج المشار إليها هنا من المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة البينية للنموذج المقترن (CMIP5؛ موضحة باللون الأزرق)، ومن منظومة تتضمن مئة تجربة محاكاة، أُجريت باستخدام نموذج المنظومة الأرضية الخاص بمعهد ماكس بلانك (MPI-ESM؛ موضحة باللون الأحمر). وتبيِّن الخطوط المتصلة متوسط قراءات مجموعة من بيانات النموذج، بينما تشير المناطق المظلَّلة إلى الحدود العليا والسفلى لبيانات المجموعة، كما تظهر الاكتشافات المبنية على بيانات الرصد[7] باللون الأسود. تطرح ماكينلي وزملاؤها[3] تجارب محاكاة، تشير إلى أن التغيرات التي تحدث في تنقُّل الكربون بين الهواء والبحر ـ الناجمة عن الأنشطة البشرية ـ يحجبها التنوع الطبيع الذي يحدث حاليًّا في معدلات التدفق. (أجرى هونجمي لي حسابات معدلات تدفق ثاني أكسيد الكربون في نماذج مشروع CMIP5، وفي MPI-ESM).

وقد ألقى التقدم ـ الذي شهده الرصد ـ الضوءَ على الكيفية التي تقوم من خلالها التنوعات المناخية الداخلية بالتحكم في انحدار مستوى الكربون المحيطي. وتتنبأ نماذج المنظومة الأرضية "ESMs" الحديثة ـ التي جرى تحليلها ضمن المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة البينية للنموذج المقترن (CMIP5؛ الذي قارن ما بين مخرجات النماذج التي تم فيها الربط بين مكونات النظام الأرضي) ـ بأن امتصاص المحيط للكربون يزداد مع زيادة انبعاثات كربون الوقود الأحفوري، إلا أن نماذج المنظومة الأرضية تلك لا ترصد التنوع المناخي الطبيعي بشكل جيد. وإضافة إلى ذلك.. تولِّد نتائج مشروع CMIP5 تباعدًا هائلًا في تقديرات انحدار مستوى الكربون المحيطي، نظرًا إلى أن النماذج المختلفة تعتمد على نظم عددية مختلفة، وعلى أوصاف مختلفة للعمليات، وأيضًا على تحليلات مكانية مختلفة[6].

وما يضاف إلى تعقيد المشهد.. هو تباعد التنوع المرصود في عمليات تدفق ثاني أكسيد الكربون، بسبب اختلاف طرق الإعداد المستخدَمة، ووجود فجوات في سجل الملاحظات[7]. يماثل اتساع رقعة التباعد تلك في بيانات الرصد على الأقل حجم التباعد المرصود في مجموعة النماذج الخاصة بمشروع CMIP5 (الشكل 1). ومن ثم، فإن تقديرات التنوع الداخلي في انحدار مستوى الكربون المحيطي تظل غير مقيدة، وهو ما يعوق رصد وتحديد خصائص التغيرات التي تحدث في تنقُّل ثاني أكسيد الكربون ما بين الهواء والبحر.

هذا.. وتقدِّم ماكينلي وزملاؤها خطوة حاسمة على طريق رصد التغيرات التي تحدث في انحدار مستوى الكربون المحيطي، إذ قاموا بتوليد مجموعة ضخمة من تجارب محاكاة مبنية على نماذج المنظومة الأرضية. وقاموا باختبار نموذجهم 32 مرة عبر الفترة الزمنية نفسها، الممتدة بين عامي 1920 و2100. يتبع النموذج التطور التاريخي للمناخ حتى نهاية عام 2005، ثم يتبع بعد ذلك أحد سيناريوهات التغير المناخي (واسمه RCP8.5)، الذي تظهر فيه مستويات مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون في المحيط الجوي. وعلى الرغم من أن مراكز النمذجة التي تستطيع تكرار الاختبارات كثيرًا بهذا الشكل قليلة، إذ إن الأمر يتطلب الكثير من الحوسبة؛ إلا أن أهمية استخدام مجموعات من النماذج تتضمن عددًا كبيرًا من تجارب المحاكاة قد بدأت الآن في تلقِّي تقدير عالٍ ومتزايد.

كانت عوامل الضغط الخارجية ـ مثل تركيز غازات الدفيئة والرذاذ في المحيط الجوي، وثوران البراكين، والتنوع الشمسي، متماثلة في جميع تجارب المحاكاة. أما الاختلاف الوحيد بين عناصر المنظومة وبعضها، فيكمن في حالة المناخ وقت الشروع في التنفيذ، إذ بدأت كل تجربة بحالة مناخية مختلفة، تم توليدها من خلال إحداث اضطراب صغير في درجة حرارة الهواء. ونتيجة لذلك.. لم تكن عناصر المنظومة متطابقة، رغم أن متغيرات النموذج لكل منها كانت تتبع المسار العام نفسه.

وقد ركَّز المؤلفون على مَخرجين اثنين من تلك التجارب، هما: التوجه العام المفروض بالقوة، وهو متوسط التوجه العام لمتغيرات النموذج عبر كافة عناصر المنظومة، الناجم عن قوى خارجية محددة؛ والتوجه الداخلي، وهو الفرق ما بين توجه عناصر النموذج، والتوجه المفروض، الذي يسببه التنوع الداخلي في النموذج. وقد لاحظوا أن التوجهات المفروضة بالقوة ـ فيما يتعلق بامتصاص المحيط للكربون ـ لا يمكن تمييزها عن التنوع الداخلي في النموذج في مناطق شاسعة من المحيط، وذلك بين عامي 1990، و1999. وعند دراسة الفترة ما بين عام 1990، وعام 2019، ظهرت للتوجهات المفروضة دلالة إحصائية في مناطق أكثر بكثير مما كان ملاحَظًا في الفترة ما بين عام 1990، وعام 1999، بل تبرز تقريبًا في كل مكان في المحيط. ويشير ذلك إلى أنّ الزيادة المتوقعة في معدل امتصاص المحيط للكربون يمكن إرجاعها إلى تأثيرات النشاطات البشرية. وتزداد قوة هذه التوجهات مع ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون في المحيط الجوي، ومن ثم فهي تصبح قابلة للرصد عبر المحيط بأكمله، عند الأخذ في الاعتبار الفترة ما بين عام 1990، وعام 2089.

يؤكد الباحثون على أن الأنماط المكانية التي تظهر فيها تلك التوجهات تبدو قريبة الصلة بالتنوع الداخلي في النظام المناخي. فعلى سبيل المثال.. يحدث التنوع الداخلي بشكل كبير في المنطقة الاستوائية من المحيط الهادئ، المعروف عنها قابليتها للتأثر بالتذبذب الجنوبي "إل نينيو". وفي مثل تلك المناطق التي تظهر فيها تغيرات موسمية وسنوية قوية، يصعب تحديد التغيرات التي تُحْدِثها الأنشطة البشرية في معدل امتصاص ثاني أكسيد الكربون. وفي المقابل، تظهر أنماط الأنشطة البشرية مبكرًا في المحيط دون القطبي الأطلسي الشمالي، والمحيط الأطلسي الاستوائي، وأيضًا في بعض مناطق المحيط الجنوبي. وقد تمت الإشارة إلى نمط مشابه[8] في عدة قياسات جيوكيميائية حيوية في المحيط، كانت قد سبقت نمذجتها ضمن المنظومة التي وضعها مشروع CMIP5.

تستنتج ماكينلي وزملاؤها أن التوجهات المفروضة يجب أن تكون قابلة للرصد في الملاحظات بمجرد ظهورها واكتسابها دلالة إحصائية. وعلى الرغم من أن التنوع الداخلي في النموذج يمكن أن يكون مؤشرًا على السلوك المشوّش لبعض العمليات الطبيعية، إلا أنه لا يعادل التنوع المناخي الطبيعي للأرض. وإضافة إلى ذلك.. تعتمد التنبؤات الخاصة بتوقيت الظهور على النموذج[9,8]، وقد تتغير، إذا استُخدم نموذج مختلف، أو تغيَّر حجم المنظومة المستخدَمة (الشكل 1).

ومع ذلك.. تقدِّم الدراسة الحالية إسهامًا قيِّمًا لمسألة التحديد الكمي للتنوع الداخلي في معدلات تغير انحدار مستوى الكربون المحيطي. وتظل التغيرات التي تُحْدِثها الأنشطة البشرية موجودة بلا شك، لكنها قد تُحجَب من قِبَل التنوع الطبيعي في مناطق عديدة في المحيط، بسبب طول النطاقات الزمنية الخاصة بالعمليات التي تحدث فيه. ومن المفترض أن تقوم الأعمال القادمة ـ المبنية على أطر العمل المنسَّقة للرصد، وعلى تجارب محاكاة المنظومات الضخمة باستخدام نماذج المنظومة الأرضية ـ بتمكين إثبات التنوع الطبيعي المذكور في هذه الدراسة. ■

تاتيانا إلِيينا تعمل في معهد ماكس بلانك للأرصاد الجوية، 20146 هامبورج، ألمانيا.

البريد الإلكتروني: tatiana.ilyina@mpimet.mpg.de

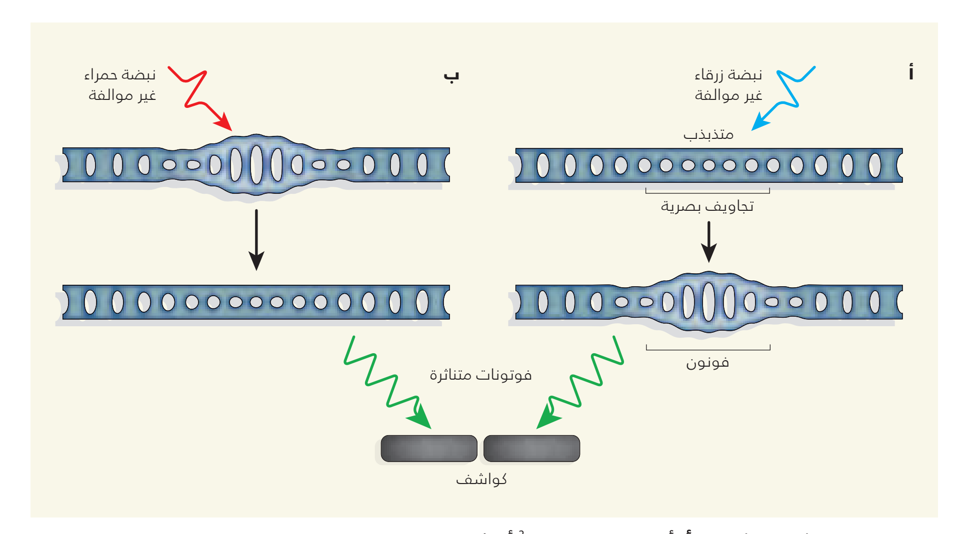
1. Le Quéré, C. *et al. Earth Syst. Sci. Data* **7,** 349–396 (2015).
2. IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Stocker, T. F. *et al.*) (Cambridge Univ. Press, 2013).
3. McKinley, G. A. *et al. Nature* **530,** 469–472 (2015).
4. Heinze, C. *et al. Earth Syst. Dynam.* **6,** 327–358 (2015).
5. Marotzke, J. & Forster, P. M. *Nature* **517,** 565–570 (2015).
6. Bopp, L. *et al. Biogeosciences* **10,** 6225–6245 (2013).
7. Rödenbeck, C. *et al. Biogeosciences* **12,** 7251–7278 (2015).
8. Keller, K. M., Joos, F. & Raible, C. C. *Biogeosciences* **11,** 3647–3659 (2014).
9. Dobrynin, M., Murawski, J., Baehr, J. & Ilyina, T. *J. Clim.* **28,** 1578–1591 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيزياء الكم

فوتونات مقترِنة بفونونات

استخدمت القوة المؤثرة من الضوء على جسم ما؛ لإقران الفوتونات بوحدات كَمِّيَّة من الاهتزازات الميكانيكية، وهو ما قد يمهِّد الطريق للمتذبذبات الميكانيكية لتعمل بمثابة أدوات ربط بين الفوتونات والأنظمة الكمية الأخرى.



الشكل 1 | ارتباط فوتون وفونون. أ، أرسل ريدنجر وزملاؤه[2] أزواجًا من نبضات ضوئية على متذبذب مجهري ميكانيكي (عارضة نانوية من السيليكون)، ضمت تجويفًا بصريًّا يحتوي على فتحات مختلفة الحجم؛ لتحصر موجات موقوفة من الضوء عند تردد الرنين. كانت نبضات الضوء الأولى في كل زوج زرقاء غير موالفة (طاقتها أعلى قليلًا من تردد الرنين للتجويف البصري)، ومن ثم يمكنها أن تحفز على تشكيل فونون واحد (وحدة الكَمّ الاهتزازية) في المتذبذب، وتنتج فوتونًا متناثرًا بتردد الرنين. **ب**، النبضات الثانية حمراء غير موالفة (بطاقة أقل قليلًا من تردد الرنين)، بحيث يمكنها أن تمتص فونونًا واحدًا من العارضة النانوية، ومرة أخرى تولِّد فوتونًا متناثرًا بتردد الرنين. وعن طريق قياس الاحتمالات المشتركة للفوتونات المتناثرة المتولدة من هذين النوعين من النبضات الضوئية، استنتج الباحثون أن عدد الفوتونات في التجويف البصري يرتبط مع عدد من الفونونات.

مايلز بلينكوي

يُعتبر التشابك الكمي[1] حالة غريبة، حيث لا معنى فيه لوصف خصائص حالات فردية في المجموعة، لكن يمكن فقط وصف خصائص المجموعة ككل. يصف ريدنجر وزملاؤه[2] الاقتران الكمي بين الضوء، واهتزازات متذبذب ميكانيكي مجهري يضم أكثر من 10^{12} ذَرَّة، وهو نظام كبير من الناحية الكمية. وتُعتبر هذه خطوة كبيرة نحو هدف استخدام الضوء؛ لتحقيق التشابك الكمي للحركة الاهتزازية لمتذبذبين ميكانيكيين مفصولين على نطاق واسع، وهو ما يساعد على تطوير نظم معالجة المعلومات الكمية، وتطبيقاتها العملية.

استغل ريدنجر وزملاؤه ظاهرة تأثر الجسم بقوة من الضوء الساقط عليه[3]، بحيث إذا كان الجسم بمثابة سلك حُرّ، ولكنه مُثبّت من طرفيه، مثل عارضة نانوية من السيليكون، ثم أُسقطت عليه نبضة ضوئية؛ فإنه سيهتز، مثل نقر جرس بمطرقة. وقد كان طول العارضة المستخدَمة في تجارب الباحثين حوالي 15 ميكرومترًا، وبعرض 500 نانومتر، وسُمك 250 نانومترًا، وتمت هندستها بحيث يمكن حصر جزء من الضوء الساقط من مصدر ليزر بضوء قريب من الأشعة تحت الحمراء في قطاع من العارضة النانوية.

تعمل هذه الشريحة كتجويف بصري (نظام يُستخدم لحصر الضوء في بعض الترددات، المعروفة باسم "الأصداء")، عندما يكون طول التجويف متقاربًا مع الأطوال الموجية لكل من الضوء، ونمط اهتزاز معين للعارضة النانوية. وتتعزز[4] القوة التي يؤثر بها الضوء بشكل كبير عن طريق المشاركة في تحديد مكان وجود التجويف البصري والمناطق المتذبذبة، بدلًا من السماح للضوء "بطرق" العارضة النانوية من الخارج. ويتم التحكم في نمط الاهتزاز الميكانيكي من خلال الضوء المحصور، ويتجلى ذلك كنمط "تنفُّس"، أي تناوب سريع لاستطالة وتقلص في عرض العارضة بحوالي 5.3 جيجاهيرتز.

في ظروف الإضاءة الخافتة جدًّا، التي أجرى ريدنجر وزملاؤه تجاربهم فيها، يكون الوصف الكمي للنظام ضروريًّا، بحيث يتكون الضوء من فوتونات، لا تصدِر طاقة اهتزاز العارضة النانوية، إلا في كميات منفصلة تسمى فونونات.

ولوصف تأثير قوة الضوء على المستوى الكمي، يمكن للفوتون الساقط أن يُصدر، وبالتالي يخلق فونونًا، إذا كانت الطاقة المفقودة فقط من الفوتون الناتج المتناثر تتوافق مع التردد الرنيني للتجويف[3] (الشكل 1أ). وبالمثل، يمكن للفوتون الساقط امتصاص ـ وبالتالي إفناء ـ فونون واحد، إذا كانت طاقة الفوتون المتناثرة الناتجة تتوافق مع التردد الرنيني للتجويف (الشكل 1ب). وتُسمى الفوتونات الساقطة ذات الطاقة الأعلى، التي يمكن أن تُصدر فونونات: "زرقاء غير موالفة" blue-detuned من حيث تردد التجويف الرنيني، أما الفوتونات الساقطة منخفضة الطاقة، التي يمكن أن تمتص فونونات، فتُسمى "حمراء غير موالفة" red-detuned.

وقد قام ريدنجر وزملاؤه بتبريد عارضة السيليكون النانوية لبضع أجزاء من المئة من درجة صفر كلفن، وتحققوا من أن نمط اهتزاز التنفس كان في حالته الكمية الأرضية تقريبًا، حيث لم يحتو نمط التنفس على فونون واحد لحوالي 97% من الوقت، ثم أطلقوا أزواجًا من نبضات ضوء الليزر (بضع عشرات من الملايين) على العارضة النانوية، حيث تكون شدة النبضات الفردية منخفضة بما فيه الكفاية، والفترات بين أزواج النبضات طويلة؛ للسماح لنمط تنفس العارضة النانوية بالاسترخاء إلى حالته الكمية الأرضية قبل وصول زوج النبضات التالي.

كانت النبضة الأولى في زوج معين "زرقاء غير موالفة"، مما مكَّن النبضة من "كتابة" فونون على نمط تنفس العارضة النانوية، في حين أن النبضة الثانية كانت "حمراء غير موالفة"، مما يسمح لها بـ"قراءة" فونون خارج عن النمط. ضبط الباحثون الفاصل الزمني بين زوج من النبضات، بتأخير يتراوح بين عُشر ميكروثانية، وعدد من الميكروثانية، وذلك لتحديد مدة تخزين الفونون في نمط التنفس. وتم تقسيم الضوء المتناثر الناتج من عارضة السيليكون إلى قسمين، بحيث يكون كل جزء موجَّهًا إلى كاشف فوتونات مختلف. ويسجِّل كل كاشف نبضة جهد كهربي فقط للفوتون المتناثر، الذي كتب أو قرأ فونونًا. وقد مكّن وجود كاشفين للفوتونات المفردة من الكشف عن الفوتونين المتناثرين ـ "الكاتب"، أو "القارئ" ـ الناتجين من النبضة الضوئية نفسها، ولكن يظل احتمال تحقيق هذا الرصد منخفضًا للغاية، بسبب الضعف المتأصل في قوة الفوتون، وانخفاض كفاءة كشف الفوتونات، وهذا هو السبب وراء الحاجة إلى الكثير من أزواج النبضات.

لاحظ ريدنجر وزملاؤه أن الاحتمال المشترك لكشف فوتون "كتابة" متناثر، وفوتون "قراءة" مترتب عليه يتجاوز إلى حد كبير الاحتمالات المشتركة للكشف عن فوتوني "كتابة" أو "قراءة" متناثرين لزوج النبضة نفسه. يقدم هذا التفاوت ـ جنبًا إلى جنب مع قياسات الاحتمالين المشتركين المؤخرين ـ دليلًا قويًّا على أن نبضة "الكتابة" الزرقاء غير الموالفة تضع نظام التجربة في حالة كمية مترابطة، يكون فيها عدد الفوتونات في التجويف يقترن دائما مع عدد الفونونات نفسه في نمط التنفس الميكانيكي. وتحديدًا، عندما يكون التجويف في حالة الخواء (لا رصد لفوتونات "الكتابة" المتناثرة)، وبالتالي يجب أن يكون النمط الميكانيكي في الحالة الكمية الأرضية (لا وجود للفونونات)، ولكن يحدث أحيانًا بشكل نادر أن يحتوي التجويف على فوتون واحد ـ فوتون "كتابة" واحد متناثر ـ وبالتالي يجب أن يحتوي النمط الميكانيكي أيضًا على فونون واحد. ويُعتبر هذا الاقتران بين فوتون وفونون مفتاح نتائج هذه التجربة.

وقد وجد الباحثون أن الحالات الكمية المترابطة استمرت لمدة تصل إلى حوالي ميكروثانية، أي أقل بكثير من الوقت الذي تستغرقه ذبذبات نمط التنفس للارتخاء (بضع عشرات من الميكروثانية)، وقد يُعزى ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة العارضة النانوية خلال مرحلة كل نبضة "كتابة"، وبالتالي مدة تخزين الفونونات قد تطول، عن طريق الحدّ من شدة النبضات.

بهذه النتائج المقنعة لاقتران الفوتون والفونون، ستكون الخطوة التالية توليد حالة كمية متشابكة، تنطوي على نمط تنفس لفونون واحد في نطاق طول موجي بالميكرومتر على

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

عارضتين نانويتين من السيليكون، منفصلتين عن بعضهما البعض بنسبة تصل إلى متر، أو أكثر. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الجمع بين فوتونات "الكتابة" المتناثرة من العارضتين النانويتين، والسماح لهما بالتداخل، قبل أن يتم اكتشافها[5]. وبما أن الحالة المتشابكة تستمر لمدة قد تصل إلى عدد من الميكروثانية، يكون غير مُجْدٍ وصف فونون لإحدى العارضتين النانويتين، والحالة التذبذبية الأرضية للأخرى. وكل ما يمكن أن يقال هو أن العارضتين النانويتين تمتلكان معًا فونونًا واحدًا لطاقة التذبذب، وهي حالة غريبة بالفعل. وقد سبق أن أثبتت مثل حالة التشابك تلك، ولكن بفونونات أقصر عمرًا بكثير، وبتردد عالٍ (عشرات التيراهيرتز)[6].

إن القدرة على اقتران ترددات بالجيجاهيرتز وحركة اهتزازية ميكانيكية كمية منخفضة التردد بأنظمة كمية أخرى، تتكون ـ على سبيل المثال ـ من عدد قليل من الذرات والإلكترونات، أو فوتونات مكروية، سيسمح لأجهزة رنين نانوميكانيكية للعمل كواجهات متعددة، ستسهل نقل الحالات الكمية بين الضوء وهذه الأنظمة الأخرى[7]. ومن شأن توفُّر قدرة الضوء على إرسال الحالات الكمية لمسافات كبيرة، تمكين التشابك؛ ليتم توزيعه بين أنظمة كَمّ واسعة النطاق؛ مما سيكون مفيدًا لتطبيقات معالجة المعلومات الكمية. ■

مايلز بلينكوي يعمل في قسم الفيزياء والفلك، 6127 مختبر وايلدر، كلية دارتموث في هانوفر، نيو هامبشاير 03755، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: shen@cc.okayama-u.ac.jp

1. Einstein, A., Podolsky, B. & Rosen, N. *Phys. Rev.* **47,** 777–780 (1935).
2. Riedinger, R. *et al. Nature* **530,** 313–316 (2016).
3. Aspelmeyer, M., Kippenberg, T. J. & Marquardt, F. *Rev. Mod. Phys.* **86,** 1391–1452 (2014).
4. Eichenfield, M., Camacho, R., Chan, J., Vahala, K. J. & Painter, O. *Nature* **459,** 550–555 (2009).
5. Duan, L.-M., Lukin, M. D., Cirac, J. I. & Zoller, P. *Nature* **414,** 413–418 (2001).
6. Lee, K. C. *et al. Science* **334,** 1253–1256 (2011).
7. Stannigel, K., Rabl, P., Sørensen, A. S., Zoller, P. & Lukin, M. D. *Phys. Rev. Lett.* **105,** 220501 (2010).

علم البلورات

دِقَّة تتخطَّى حَدَّ الحُيود

تم إبتكار نهج، من شأنه أن يعزز دقة الكشف عن البِنَى البلورية بالأشعة السينية بشكل يفوق حدّ الحيود؛ ما قد يساعد في تحسين تصوُّر بِنىَ البروتينات المكوِّنة للبلورات ذات الحيود الضعيف.

جيان رين شين

في عام 1913، طرح لورنس براج قانونًا يصف حيود الأشعة السينية من قِبَل المواد البلورية[1]. ومنذ ذلك الحين، استخدم علماء البلورات هذا القانون؛ لتبيان البِنَى الذرية لكثير من المركّبات، بدءًا من ملح الطعام، حتى الجزيئات الحيوية الكبيرة المعقدة للغاية. يعتمد مستوى الدقة الذي يمكن عنده إظهار هيكل ما على حد الحيود ـ أو حدّ براج ـ على الترتيب المنتظم للجزيئات في المواد البلورية. تنخفض درجة هذا الانتظام في كثير من الأحيان في بلورات الجزيئات الحيوية الكبيرة، ما يخلق عائقًا أساسيًّا يَحوُل دون تصوُّر هذه الجزيئات على المستوى الذري. ومن ثم، يصف آير وزملاؤه[2] في بحثهم نهجًا يمكن استخدامه للكشف عن البِنَى الجزيئية بدقة تفوق حد الحيود.

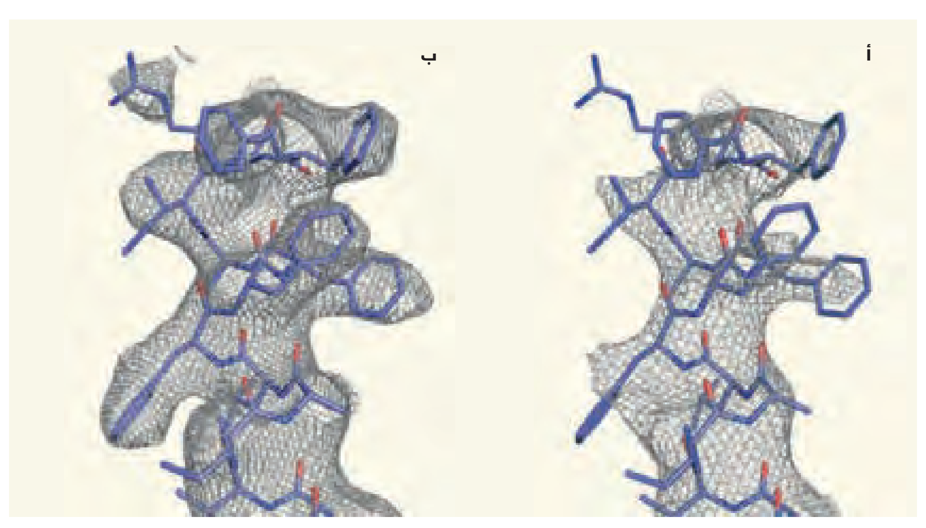
إن حيود الأشعة السينية التي يعرِّفها قانون براج تساوي مجموع أنماط الحيود التي تسببها الجزيئات التي تشغل بدقة مواقع وحدات الشبكة البلورية. وعادةً ما يكون الحصول على بلورة منظمة بدقة بهذا الشكل أمرًا صعبًا، ويمثل عقبة كبيرة في دراسة البروتينات الغشائية الكارهة للماء ومركّباتها؛ ما يحدّ من الدقة التي يمكن بها الكشف عن بِنَى هذه الجزيئات ذات الأهمية الحيوية. وقد يعود سبب انخفاض درجة تنظيم بلورات البروتين تلك إلى انزياح جزيئات البروتين من مواقعها المثالية انزياحًا انتقاليًّا ودورانيًّا، وكذا الحركات الديناميكية داخل الجزيئات.

يَعتبِر آير وزملاؤه الجزيئات الموجودة في المواد البلورية وحدات صلبة، وأن الاضطراب الذي يحدث يسببه الانزياح الانتقالي لهذه الوحدات من مواقعها في الشبكة البلورية. يتسبب هذا الانزياح في انحراف الأشعة السينية المتناثرة عن المسارات التي تولدها شبكة بلورية عالية التنظيم؛ ما يولِّد نمطًا ضبابيًّا يتكون من مناطق مضيئة وأخرى مظلَّلة، بدلًا من نمط حيود حاد فيه نقاط مميزة (انظر الشكل 1 في البحث المنشور[2]). وتشكل تلك الصورة الضبابية نوعًا من أنماط الحيود[2-4] "المستمر"، وتحوي معلومات حول بنية الجزيئات في البلورات، بمستوى دقة يتجاوز حدّ حيود براج.

كثيرًا ما لُوحظت أنماط الحيود المستمر تلك في بلورات البروتين، إلا أنها لم تُستخدم من قبل في الكشف الهيكلي. أما نهج آير وزملائه، فيشبه النهج المستخدَم في تصوير الجزيء المنفرد[5]؛ للحصول على معلومات هيكلية من نمط الحيود المستمر، حيث يتم العمل على أساس أن الحيود ينشأ من مجموع أنماط الحيود المتراصة، الصادرة من الجزيء المنفرد.

يتطلب النهج الذي يطرحه المؤلفون بيانات كل من حيود براج، والحيود المستمر، وهو يتعامل مع كل منهما بشكل منفصل. بدايةً، يتم تحليل حيود براج بالطرق التقليدية، ما ينتج عنه خريطة توضح الكثافة الإلكترونية للجزيء المستهدَف، بمستوى دقة منخفض. ومن ثم، استخدم الباحثون هذه الخريطة لإنشاء مخطط للهيكل الجزيئي ثلاثي الأبعاد، بمستوى دقة منخفض أيضًا؛ وهو ما استُخدم بعد ذلك لتقييد صورة ثلاثية الأبعاد للكثافة الإلكترونية بدقة أعلى، وُلِّدت من بيانات الحيود المستمر، باستخدام خوارزمية "التدرج المتكرر"[7،6]. وأخيرًا، تم ضبط الهيكل بطريقة مماثلة لتلك المستخدمة لبيانات فحص جسيم منفرد بمجهر إلكتروني من النوع الذي يَستخدِم عينة مبردة[8].

من خلال النهج المتبع، استطاع آير وزملاؤه رفع مستوى دقة هيكل النظام الضوئي الثاني "PSII"، وهو مركّب بروتيني غشائي مثنوي ضخم جدًّا، يبلغ وزنه الجزيئي حوالي 700 كيلو دالتون. وبما أنه يفصل الماء إلى إلكترونات وبروتونات وأكسجين أثناء التمثيل الضوئي، فهو مسؤول عن إدامة الحياة الهوائية على سطح الكرة الأرضية، من خلال توفير الأكسجين وتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية مفيدة حيويًّا. وقد سبق أن تم الكشف عن هيكله بمستوى دقة بلغ 1.9 أنجستروم باستخدام الأشعة السينية الصادرة من سنكروترون تقليدي[9]، و1.95 أنجستروم باستخدام نبضات أشعة سينية في نطاق الفيمتو ثانية (الفيمتو ثانية الواحدة تساوي 10-15 ثانية)، صادرة من ليزر الإلكترون الحُر[10](XFEL). بيَّنت هذه



الشكل 1 | خرائط الكثافة الإلكترونية لجزء من النظام الضوئي الثاني. طوَّر آير وزملاؤه[2] طريقة لتحسين دقة الكشف عن البِنَى البلورية بالأشعة السينية، من خلال تحليل معلومات من حيود براج التقليدي، والحيود المستمر، الذي يحدث حين تنحرف جزيئات البلورات عن مواقعها الشبكية الدقيقة، عن طريق الانزياح الانتقالي فقط. **أ**، ويظهر هنا هيكل سلسلة لولب ألفا في النظام الضوئي الثاني ـ وهو أحد بروتينات التمثيل الضوئي المعقدة ـ وقد تم تراكبه على خريطة الكثافة الإلكترونية (الشبكة الرمادية) الخاصة بالسلسلة ذاتها، المتحصَّل عليها من خلال تحليل حيود براج للأشعة السينية فقط. يبلغ مستوى دقة الهيكل 4.5 أنجستروم. **ب**، باستخدام النهج المقترَح من قِبَل الباحثين، تم تحسين مستوى دقة خريطة الكثافة الإلكترونية؛ ليصل إلى 3.5 أنجستروم؛ ومن ثم يتطابق الهيكل الجزيئي مع الخريطة بشكل أفضل.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الهياكل أن جزيئات النظام الضوئي الثاني داخل البلورات هي جزيئات صلبة، على الأقل حتى هذا المستوى من الدقة؛ إلا أن بعض بلورات النظام الضوئي الثاني الخاصة بآير وزملائه قد أحدث حيودًا، أوصلهم إلى مستوى دقة بلغ 4.5 أنجسترومٍ فقط؛ ما حدّ من قدرتهم على دراسة ديناميكيات تفاعل المُركَّب.

وللتوصل إلى مستويات أفضل من الدقة، قام الباحثون بجمع بيانات من سلسلة من بلورات النظام الضوئي الثاني ميكرومترية الحجم، باستخدام نبضات قوية في نطاق الفيمتو ثانية، صادرة من ليزر الإلكترون الحُر؛ فحصلوا على هيكل بالأشعة السينية، بلغ مستوى دقته 4.5 أنجستروم، مبنيّ على حيود براج. وباستخدام نهجهم المبني على بيانات الحيود المستمر، قاموا بضبط مستوى الدقة هذا، حتى وصل إلى 3.5 أنجستروم. وأظهرت خريطة الكثافة الإلكترونية الناتجة عن ذلك تفاصيل أكثر عن الكثير من سلاسل الأحماض الأمينية الجانبية (الشكل 1)، والعوامل المساعِدة المرتبطة بمركب البروتين الكبير، مقارنةً بالهيكل المستمد من بيانات حيود براج وحدها. ويشير هذا التحسن الكبير إلى إمكانات هذا النهج في ارتفاع مستوى الدقة المحدود بحيود براج.

لا يزال المدى الذي يمكن عنده تجاهل الانزياح الدوراني والحركات الديناميكية في البلورات قيد الدراسة، وهو ما سيحدد مدى فائدة بيانات الحيود المستمر في تحسين مستوى الدقة، إلا أن النهج الذي يقترحه الباحثون قد تكون له تطبيقات واسعة، بدءًا من التحليل الهيكلي الذي يفوق حيود براج، حتى تصوير الجزيء المنفرد، كما يمكن أن يساعد في تحسين مستوى دقة الهياكل المستمدة من بيانات الأشعة السينية. وقد تكون هذه التقنية بمثابة خطوة كبيرة إلى الأمام بالنسبة إلى أولئك الذين يودُّون الوصول إلى معلومات هيكلية عالية الدقة لكثير من البلورات البروتينية ذات الحيود الضعيف، ومركّباتها.

وسيكون من المثير للاهتمام أن نرى إلى أيّ مدى يمكن تحسين مستوى الدقة أكثر، عن طريق دمج بيانات الحيود المستمر ببيانات الأشعة السينية التي تم جمعها من ليزر الإلكترون الحُر ومصادر السنكروترون. في الوقت نفسه، قد يسمح نهج التدرج المتكرر المذكور بالوصول إلى الهياكل، دون الحاجة إلى استخدام وسائل إضافية لاسترداد معلومات الطَّوْر من بيانات الحيود. كما نأمل أيضًا أن تصبح خوارزميات التدرج المتكرر تلك سهلة الاستعمال، ومتاحة على نطاق واسع. ■

جيان رين شين يعمل في مركز بحوث التمثيل الضوئي، كلية الدراسات العليا في العلوم الطبيعية والتكنولوجيا، جامعة أوكاياما، تسوشيما ناكا 3-1-1، أوكاياما 700-8530، اليابان.
البريد الإلكتروني: shen@cc.okayama-u.ac.jp

1. Bragg, W. L. *Proc. Cambr. Phil. Soc.* **17,** 43–57 (1913).
2. Ayyer, K. *et al. Nature* **530,** 202–206 (2016).
3. Pérez, J., Faure, P. & Benoit, J.-P. *Acta Crystallogr. D* **52,** 722–729 (1996).
4. Welberry, T. R., Heerdegen, A. P., Goldstone, D. C. & Taylor, I. A. *Acta Crystallogr. B* **67,** 516–524 (2011).
5. Miao, J., Ishikawa, T., Robinson, I. K. & Murnane, M. M. *Science* **348,** 530–535 (2015).
6. Elser, V. *J. Opt. Soc. Am. A* **20,** 40–55 (2003).
7. Elser, V. & Millane, R. P. *Acta Crystallogr. A* **64,** 273–279 (2008).
8. Fischer, N. *et al. Nature* **520,** 567–570 (2015).
9. Umena, Y., Kawakami, K., Shen, J.-R., & Kamiya, N. *Nature* **473,** 55–60 (2011).
10. Suga, M. *et al. Nature* **517,** 99–103 (2015).

التطوّر

الميتوكوندريا.. الفصل الثاني

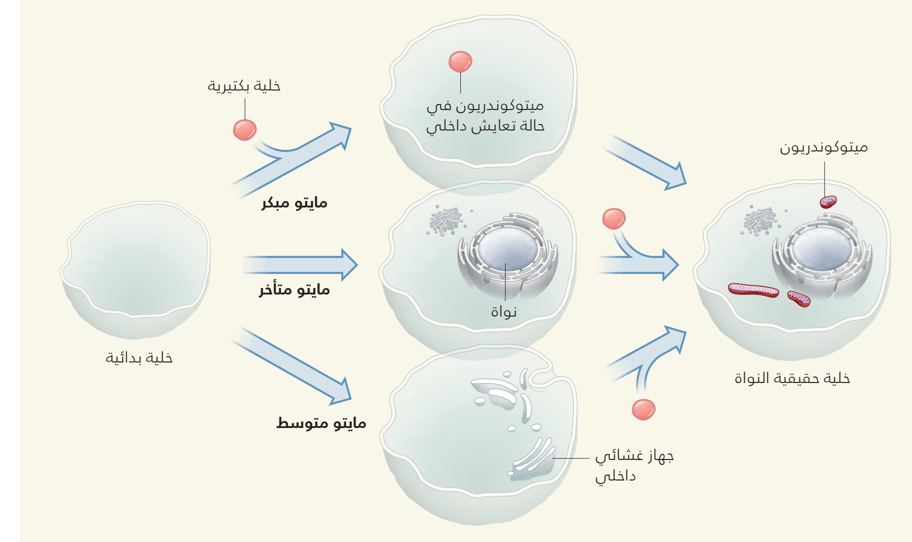
تكشِف دراسة واسعة لجينوميات تطور السلالات عن أنّ حادثة التعايش التي أدَّت إلى ظهور العضيّات المعروفة باسم الميتوكوندريا ربما تكون قد حدثت في مراحل متأخرة من عملية تطور الخلايا المعقدة عما كان يُعتقد سابقًا.

تايس جيه. جي. إيتيما

يُعتبر تطوُّر الخلايا حقيقية النواة ـ التي تحتوي على نواة ومناطق حيّزية مغلفة بالغشاء ـ واحدًا من أكثر الأحداث الغامضة في تطور الحياة على سطح الأرض[1]. وقد شكَّل ظهور الميتوكوندريا نقلة حاسمة في هذه العملية؛ إذ يُعتقد أن هذه العضيّات قد تشكلت حين بدأت خلية بكتيرية العيشَ داخل خلية مضيفة بدائية، ما يُعَدّ أحد أشكال التعايش الداخلي، وهو بمثابة علاقة منفعة متبادلة، يعيش فيها كائن حي بداخل كائن آخر. مِن المعتقَد أن البكتيريا قد زوّدت الخلية المضيفة بكمية إضافية من الطاقة[2]، ومن ثم نتجتْ عن التفاعل بينهما خليّة حقيقية النواة، احتوت على جينات، يعود أصلها إلى كل من الخلية البدائية، والبكتيريا. يقدِّم بيتيس وجابالدون[3] في بحثهما دليلًا على أن الخلية المضيفة التي تطوَّرت منها حقيقيات النوى كانت تحتوي في الأصل على جينات تعود إلى مجموعة مختلفة من المصادر، وذلك قبل التعايش الداخلي للميتوكوندريا؛ ما يشير إلى أن الميتوكوندريا تطورت في وقت لاحق لعملية تطور حقيقيات النوى عما كان يُعتقد في السابق.

تولِّد الميتوكوندريا الطاقة عن طريق تفاعلات الفسفرة الأكسدية، وهي بالتالي يُطلق عليها أحيانًا اسم "محطة توليد الطاقة" في الخلايا حقيقية النواة. ومنذ اكتشافها قبل أكثر من 100 عام وحتى الآن، يشكل أصل الميتوكوندريا محور نقاش ساخن. والآن، يوجد كمّ هائل من الأدلة التي تشير إلى كونها نتاجًا لحدث تعايش داخلي أحادي، وأن أسلافها كانت وثيقة الصلة بشعبة متقلبات "ألفا" المنتمية إلى البكتيريا[4,2]، إلا أن المجموعة المحددة التي تنتمي إليها لم تتضح بعد. كما يعتقد كذلك أن المضيف البدائي ربما كان على صلة بكائنات Lokiarchaeota، وهي شعبة من الخلايا البدائية العتيقة، تم التعرف عليها في العام الماضي فقط[5]. ومع ذلك.. لا تزال هناك شكوك بشأن توقيت ظهور الميتوكوندريا خلال عملية تطوُّر الخلايا حقيقية النواة، فهل حدث ذلك في وقت مبكر، أو حتى كان هو المحفِّز الأوَّلي ـ وهو السيناريو الذي يُطلق عليه اسم "مايتو مبكر" ـ أم أنه حدث بعد أن وصلت الخلية حقيقية النواة إلى درجة واسعة من التعقيد (ما يُطلق عليه "مايتو متأخر")[6]؟

ووفقًا لنماذج "مايتو متأخر" التقليدية، ظهرت حقيقيات النوى قبل حدوث التعايش الداخلي للميتوكوندريا[7] (الشكل 1)؛ إلا أن شعبية هذه النماذج أخذت في التراجع مع إدراك أن حقيقيات النوى التي لا تحتوي على الميتوكوندريا، التي



الشكل 1 | نشأة حقيقيات النوى والميتوكوندريا الخاصة بها. تحتوي حقيقيات النوى على مناطق حيّزية مغلفة بالغشاء، مثل النواة والميتوكوندريا؛ وتعد الأخيرة من العضيّات المولّدة للطاقة، التي يعتقد أنها تشكلت عندما عاشت خلية بكتيرية داخل خلية بدائية وأنشأت علاقة تعايشية معها. تنقسم النماذج الخاصة بمنشأ حقيقيات النوى عادة إلى سيناريوهات تسمى "مايتو مبكر" وأخرى تسمى "مايتو متأخر"، ذلك بناءً على ما إذا كان التعايش الجواني الذي قامت به الميتوكوندريا قد اكتسب في مرحلة مبكرة من عملية تطور حقيقيات النوى، أو بعد أن بلغت حقيقيات النوى مستوى عالي من التعقيد. يقدّم بيتيس وجابالدون[3] دليلًا على سيناريو أُطلق عليه اسم "مايتو متوسط"، أظهرت فيه الخلية المستضيفة للتعايش الجواني الذي قامت به الميتوكوندريا درجة من التعقيد الخلوي قبل حدوث التعايش الجواني. لكن على عكس نماذج "مايتو متأخر" التقليدية، فإن النتائج التي توصل إليها بيتيس وجابالدون لا توحي بالضرورة أن الخلية المضيفة كانت خلية مكتملة حقيقية النواة. وهكذا فإن النتائج التي توصلا إليها تتوافق مع الأبحاث الحديثة، التي تدعم فكرة أن منشأ حقيقيات النوى يعود للخلايا البدائية[5,10].

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يُعتقد أنها انحرفت تطوريًّا قبل تطور الميتوكوندريا، تحتوي على عضيات تالفة - وإنْ كان اشتقاقها من الميتوكوندريا واضحًا - مثل الهيدروجينوسوم، وجسيمات الانقسام الفتيلي. وقد أدى اكتشاف أن جميع حقيقيات النوى المعروفة تحتوي على ـ أو كانت تحتوي على ـ ميتوكوندريا إلى ظهور موجة من فرضيات "مايتو مبكر"، يُفترض فيها أن التفاعل بين خلية بدائية مضيفة والتعايش الداخلي للميتوكوندريا هو القوة الدافعة الرئيسة لتكوُّن حقيقيات النوى (الشكل 1).

كثيرًا ما يتم الاعتماد في هذه النماذج على التغذية المتزامنة المتبادلة، التي يتغذى فيها أحد الأنواع على ما ينتجه الآخر، ويُعتقد أن النتيجة الأكثر وضوحًا لهذا التفاعل هي إعادة إسناد مهمة إنتاج الطاقة إلى غشاء الميتوكوندريا، بدلًا من غشاء الخلية المضيفة. وقد وفَّرت عملية إدارة الطاقة تلك فائضًا من الطاقة للمضيف، ما يُعتقد أنه قد حفّز ظهور المواصفات الخلوية المعقدة التي تميز حقيقيات النوى[8]. وقد اقتُرح أن تكون نتيجة هذه الرحلة التطورية هي الخلية حقيقية النواة الأولى، التي تحمل جينومًا مختلط المصادر[9].

ومع ذلك.. وعلى الرغم من أن نماذج "مايتو مبكر" قد لاقت الكثير من الدعم من علماء الأحياء التطورية، إلا أن الاختلاط الجينومي في حقيقيات النوى يخفي مشكلة؛ وهي أن معظم الجينات البكتيرية في جينومات حقيقيات النوى لا يمكن إرجاعها إلى أسلاف الميتوكوندريا المزعومة المرتبطة بشعبة متقلبات "ألفا"، بل يبدو أنها تنحدر من أنواع مختلفة من البكتيريا غير المرتبطة ببعضها. وكان هدف بيتيس وجابالدون هو حل هذا اللغز.

ومن خلال تتبُّع الإشارات التطورية النوعية للبروتينات التي كانت موجودة في السلف المشترك الأخير لجميع حقيقيات النوى (وتُسمى ـ اختصارًا ـ بروتينات LECA)، تمكَّن بيتيس وجابالدون من تحديد فئات مختلفة من البروتينات، بناءً على توقيت ظهورها في حقيقيات النوى. وبالتوافق مع النتائج الأخرى، التي تدل على أن لحقيقيات النوى أصلًا ينتمي إلى الخلايا البدائية[10,5]، وجد الباحثون أن أقدم بروتينات LECA تقع تحت هيمنة البروتينات ذات الصلة بالخلايا البدائية التي تشارك في الوظائف الخلوية الأساسية، كالاستنساخ، والترجمة، والنسخ. إضافة إلى ذلك.. وهو ما كان متوقَّعًا، تقع بروتينات LECA المكتسَبة مؤخرًا تحت هيمنة البروتينات البكتيرية، وبالأخص بروتينات متقلبات "ألفا"، التي تتمركز بشكل رئيس في الميتوكوندريا، وتشارك في عملية توليد الطاقة. نشأت غالبية هذه البروتينات في الغالب من أسلاف الميتوكوندريا المنتمية إلى متقلبات "ألفا"، لكن المثير للاهتمام أن بيتيس وجابالدون حدَّدا فئة ثالثة من بروتين LECA البكتيري، واستنتجا أنه كان قد اكتُسب قبل بروتينات الميتوكوندريا تلك. ويبدو أن الكثير من هذه البروتينات يقع في أجهزة غشائية داخل الخلايا، مثل الشبكة الإندوبلازمية، وجهاز "جولجي".

تسلِّط هذه النتائج الضوءَ على التوقيت النسبي لأصل الميتوكوندريا، والطبيعة الجينومية للخلية المضيفة. فبدايةً، تعني النتائج أن الخلية المضيفة كانت تحتوي بالفعل على مزيج جيني، قبل التعايش الداخلي للميتوكوندريا. كما أن حقيقة كوْن العديد من البروتينات البكتيرية التي سبقت التعايش الداخلي للميتوكوندريا يعمل في أجهزة غشائية داخل الخلايا تشير إلى أن الخلية المضيفة تُظْهِر بالفعل درجة لا يُستهان بها من التعقيد؛ ما يدعم نظرية نشوء الميتوكوندريا المتأخر نسبيًّا (الشكل 1).

على أي حال.. تثير النتائج التي توصَّل إليها بيتيس وجابالدون سؤالًا محيرًا: ما هو إذًا أصل الجينات البكتيرية التي سبقت التعايش الداخلي للميتوكوندريا؟ إذ من الواضح أن هذه الجينات لم يعد من الممكن تفسيرها بما يُطلق عليه "الخيمرية الموروثة" للتعايش الداخلي للميتوكوندريا[11]. يرى المؤلفون أن هذه الجينات ربما اكتُسبت عن طريق تفاعلات تعايشية (داخلية) سابقة مع شركاء مختلفين، ولكن من البكتيريا، أو عن طريق سلسلة من موجات نقل جيني أفقي للجينوم المضيف.

ورغم أن هذا السؤال لا يزال مفتوحًا، قد تأتي مؤشرات للإجابة عليه عن طريق جينومات شعبة Lokiarchaeota البدائية، التي يشترك أعضاؤها في سلالة مشتركة مع حقيقيات النوى. وقد أشار تحليل جينوم أحد أنواع Lokiarchaeota أن حوالي 30% من جيناته تبدي تشابهًا أكبر مع الجينات البكتيرية عن جينات الخلايا البدائية[5]. وعلى الرغم من تعرُّضها لعملية إعادة تشكيل واسعة بفعل العمليات التطورية، إلا أن بعض الجينات البكتيرية في السلف البدائي لحقيقيات النوى قد يكون انتهى بها الأمر في جينومات حقيقيات النوى الموجودة اليوم. ومن شأن الأبحاث الاستكشافية التي سوف تتم في المستقبل للسلالات الجديدة من الكائنات الدقيقة البدائية وحقيقيات النوى أنْ تقدِّم رؤى أعمق لمنشأ حقيقيات النوى وتطورها المبكر، بما في ذلك الدور الرئيس الذي تلعبه الميتوكوندريا في هذه العملية. ■

تايس جيه. جي. إيتيما تعمل في قسم الأحياء الخلوية والجزيئية بمختبر "ساينس فور لايف" Science for Life، جامعة أوبسالا، SE-75123 أوبسالا، السويد.
البريد الإلكتروني: thijs.ettema@icm.uu.se

1. Embley, T. M. & Martin, W. *Nature* **440,** 623–630 (2006).
2. Gray, M. W., Burger, G. & Lang, B. F. *Science* **283,** 1476–1481 (1999).
3. Pittis, A. A. & Gabaldón, T. *Nature* **531,** 101–104 (2016).
4. Rochette, N. C., Brochier-Armanet, C. & Gouy, M. *Mol. Biol. Evol.* **31,** 832–845 (2014).
5. Spang, A. *et al. Nature* **521,** 173–179 (2015).
6. Poole, A. M. & Gribaldo, S. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* **6,** a015990 (2014).
7. Cavalier-Smith, T. *Nature* **339,** 100–101 (1989).
8. Lane, N. & Martin, W. *Nature* **467,** 929–934 (2010).
9. Koonin, E. V. *Genome Biol.* **11,** 209 (2010).
10. Williams, T. A., Foster, P. G., Cox, C. J. & Embley, T. M. *Nature* **504,** 231–236 (2013).
11. Ku, C. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** 10139–10146 (2015).

الفصام

مِن الجينـات إلى وظـائف الأعضـاء.. أخيـرًا

استطاع تحديد مجموعة من التنوعات الجينية شديدة الارتباط بإمكانية الإصابة بالفصام، إلقاء الضوء على جوانب البيولوجيا العصبية لهذا المرض المدمّر.

ريان إس. دنسا، وديفيد بي. جولدشتاين

داء الفصام هو اضطراب عصبي نفسي، مزمن وفتّاك، يصيب حوالي 1% من سكان العالم. ولطالما عُقدت آمال على أن يساعد تحديد عوامل الخطورة الوراثية لهذا المرض في تحديد مسبِّباته الفسيولوجية؛ لكن برغم عقود من البحث المكثَّف، ظلت الأسس الحيوية للمرض غير واضحة، إلا أن سكر وزملاءه[1] يقدمون الآن دراسة مميزة جينومية وعصبية حيوية، تسير أخيرًا في اتجاه هذا الأمل القديم.

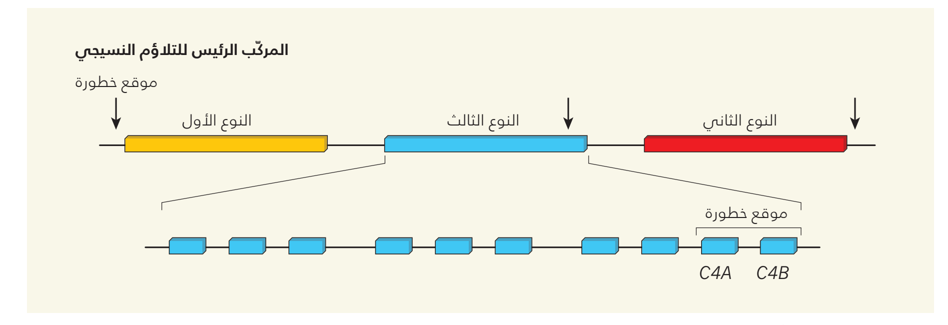
وهناك مساران نمطيان لاكتشاف الأدوية، الأول: هو الصدفة السعيدة؛ ففي بعض الأحيان يحالف الباحثين الحظُّ، ويجدون مركّبات يتصادف أنها تنجح في أداء الدور المطلوب. أدّت هذه الحوادث إلى تطوير بعض الأدوية الأكثر أهمية في مجال الطب، إلا أن هذه الطريقة في الاستكشاف لا يمكن تنظيمها، وكثيرًا ما تفشل العلاجات الناتجة عنها في أن تكون شافية تمامًا. وتقع العلاجات المتجانسة المتوفرة حاليًا لمرض الفصام ضمن هذه الفئة. أما المسار الثاني الأفضل لاكتشاف الأدوية، فهو فَهْم الآليات المؤدية إلى المرض، ثم تصميم علاجات تستهدف تلك الآليات، أو مكوناتها.

إحدى المشكلات الرئيسة في عملية فك شفرات الأساس الجزيئي لداء الفصام هي كوْن هناك غياب شبه كامل لأي تغيرات حيوية واضحة مصاحبة له. ومع ذلك.. فإن الفصام اضطراب شديد الارتباط بالجينات، وعلى مدى عقود طويلة، اعتقد الكثيرون أن فَهْم الجينات المعنية به قد يقدم سبيلًا للبدء في استكشاف بيولوجيا المرض، لكن حتى الآن، ظلت نتائج اتّباع هذا الأسلوب محبِطة إلى حد كبير. فقد عانى المجال من غياب الدقة الإحصائية، ومِن البدايات الخاطئة، وأعلن الباحثون عن مئات الارتباطات المحتمَلة بين التنوعات الجينية، وإمكانية الإصابة بالفصام[2]، حتى ظهرت دراسات الارتباطات على نطاق الجينوم (GWAS) ـ التي تربط إمكانية الإصابة بالمرض بمناطق معينة في الجينوم ـ لتثبت أن هذه الارتباطات المعلَن عنها سابقًا كانت خاطئة إلى حد كبير[4,3].

الآن، تمكنت تلك الدراسات الدقيقة من تحديد ارتباطات حقيقية بين التنوعات الجينية والفصام. فعلى وجه الخصوص، كشفت دراسة أُجريت في عام 2014 ـ باستخدام عينة ضخمة وأساليب إحصائية صارمة ـ أن هناك ما لا يقل عن 108 مواقع جينية مرتبطة بإمكانية الإصابة بالفصام[4]، إلا أن إيجاد الموقع ليس كتحديد الجين السببي، فمثلًا، كثيرًا ما تُوجَد المواقع الجينية ضمن تسلسلات، لا ترمِّز أيّ جينات، كما قد تحدث تنوعات عدة في منطقة واحدة، ما يجعل من الصعب تحديد السبب الحقيقي وراء ظهورها كعامل خطر. ومن ثم، لم تحدد جينات بعينها أو تسلسلات متباينة، باعتبارها المسؤولة عن عوامل الخطورة الـ108 تلك. ومن دون تلك المعلومة، بقيت الرؤية ناقصة حول المسبِّبات الجزيئية للمرض، إلا أن سكر وزملاءه تمكنوا مؤخرًا من القيام بذلك.

يقع الارتباط الأقوى لخطر الإصابة بالفصام في المركّب الرئيس للتلاؤم النسيجي "MHC" ـ منطقة على

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | ارتباط معقّد. تم ربط التنوعات في مناطق عدة في الجينوم بزيادة خطر الإصابة بالفصام، مع وجود الارتباطات الأقوى ضمن المركّب الرئيس للتلاؤم النسيجي (MHC). تُعتبر دراسة هذا المركب بمثابة تحدٍ كبير، وذلك لتعقيده، وطوله الذي يبلغ 3.6 مليون قاعدة، تحتوي على ثلاثة أنواع من الجينات التي تلعب أدوارًا متباينة في المناعة. تقع المواقع الجينية المرتبطة بإمكانية الإصابة في جميع أنحائه (بهدف التبسيط.. نُظْهِر هنا ثلاثة ارتباطات فقط من بين الارتباطات الأقوى). وبرغم ذلك.. تُعَدّ التنوعات الجينية في *C4A*، و*C4B* هي الأقوى ارتباطًا بزيادة خطر الإصابة. وقد تغلّب سيكر وزملاؤه[1] على تحديات دراسة المركَّب؛ لتحديد كيف يمكن لتنوعات جينات *C4* التي تغيِّر التعبير الجيني أن تزيد من خطر الإصابة.

كروموسوم 6، تحتوي على الجينات المشاركِة في المناعة المكتسَبة (الشكل 1). في تلك المنطقة، ترتبط عوامل الخطورة الأقوى بالمواقع القريبة من جين *C4*، الذي يرمّز لأحد العوامل المتمِّمة، وهو يعمل (ضمن جهاز المناعة الفطري). وقد حفَّز هذا الارتباطُ الباحثين على التساؤل عما إذا كانت تنوُّعات جين *C4* تشارك في إمكانية الإصابة بالفصام، أم لا.

في البشر، يُوجَد هذا الجين في شكلين متميزين، هما: *C4A*، و*C4B*، ويختلف عدد نسخ كل جين منهما من شخص إلى آخر. ولزيادة الأمور تعقيدًا، فهما يوجدان أيضًا بأشكال طويلة، وأخرى قصيرة، يحددها وجود أو غياب الفيروسات العكسية داخلية المنشأ "HERV" في منطقة جينية غير مرمِّزة. وقد طوَّر سيكر وزملاؤه طريقة لتقييم عدد نسخ كل من الجينين بشكل دقيق، ثم استخدموا بيانات التعبير بالحمض النووي الريبي؛ لربط عدد نسخ الجين، وإضافة HERV بمستويات التعبير عن الجينين *C4A*، و*C4B*.

بتقديم هذه البيانات، أثبت الباحثون أنهم بالفعل قد حددوا السبب الكامن وراء أحد ارتباطات الخطورة الرئيسة في المركَّب الرئيس للتلاؤم النسيجي؛ إذ وجدوا أن تنوع جين *C4* يرتبط بخطر الإصابة بالفصام بشكل مستقل عن التنوعات الجينية الأخرى في المركّب. وبشكل خاص، ترتبط معدلات الخطورة المختلفة بتوليف جيني متنوع، يتضمن عددَ نسخ جين *C4*، ووجود HERV. واستخدم الباحثون بيانات الحمض النووي الريبي؛ لإظهار أن التعبير عن *C4A*، و*C4B* يزداد مع زيادة عدد النسخ، وأن وجود إدخال HERV يرفع معدل التعبير عن *C4A* نسبةً إلى *C4B*، وأنه كلما ارتفعت معدلات التعبير عن *C4A*؛ ازداد خطر الإصابة بالفصام.

ويجب التأكيد على أن تحديد المتغيرات السببية في المركَّب الرئيس للتلاؤم النسيجي هو أحد المشكلات الأكثر تحديًا في دراسة علم الوراثة البشرية الإحصائية؛ إذ يبلغ طول المركّب 3.6 مليون قاعدة، وعُثر على المتغيرات المرتبطة بإمكانية الإصابة بالفصام في جميع أنحائه. لذا.. فهو يمثل تحديًا كبيرًا، حتى إن مختصِّي علم الوراثة دائمًا ما يقولون مازحين إنهم يأملون في العثور على ارتباطات في أي مكان، عدا هذا الجزء. وينبغي توخِّي الحذر عند محاولة تحديد العلاقة السببية في منطقة معقدة جينيًّا بهذا الشكل. أما سيكر وزملاؤه، فيبدو أنهم قد نجحوا في التغلب على هذه التحديات.

أقحم الباحثون مسار إنتاج العوامل المتمِّمة (من خلال جين *C4*) في عملية التشذيب المشبكي العصبي[5]، وهي عملية تطورية، يتم فيها التخلّص من مناطق الاتصال المشبكي العصبي بين الخلايا العصبية في المخ باستمرار، حتى بدايات سن البلوغ. وباستخدام نموذج فأري، وجد سيكر وزملاؤه أن وتيرة التعبير عن جين *C4* تتزايد في الفترات التي تحدث فيها عمليات التشذيب المشبكي العصبي. أما الفئران التي تعاني من نقص في هذا الجين، فقد أظهرت علامات على انخفاض عملية التشذيب. لذا.. يَفترِض الباحثون أن زيادة التعبير عن جين *C4A* في المصابين بالفصام تؤدي إلى زيادة عمليات التشذيب المشبكي العصبي. ومن المثير للاهتمام أن الدراسات المجراة على أدمغة البشر المصابين بالفصام قد أظهرت أن هياكل المشابك العصبية الموجودة في المنطقة القشرية من أدمغتهم تترقق وتقلّ، مقارنة بغير المصابين[6-8]. وقد يفسّر التشذيب المفرط هذه النتائج.

ولسوء الحظ، تفتقر الفئران إلى نوعي جين *C4* الموجودين في البشر. ويبقى السؤال مفتوحًا حول سبب اعتماد إمكانية الإصابة بالفصام على مستويات التعبير عن جين *C4A*؛ الذي يُعتبر البحث عن إجابة له من الأولويات الآن، ومن المتوقع أن يقدِّم ذلك مزيدًا من المعلومات المتعلقة بالآليات المشارِكة.

إن الدراسة التي أجراها سيكر وزملاؤه هي بمثابة أول تقدّم فعلي في طريق اكتشاف المسبِّبات الجزيئية لمرض الفصام، وقد تُوَجِّهنا نحو تطوير علاجات له. وعلى الرغم من أن عمليات التشذيب تمثل ـ دون شك ـ هدفًا علاجيًّا صعبًا، إلا أن هذه الدراسة الرائعة والشاملة تُلهِم الباحثين الذين يحاولون تعزيز علم الوراثة، وهو ما يحتاجونه بشدة؛ ليطوروا من فَهْمنا لبيولوجيا الأمراض العصبية النفسية. ■

ريان إس. دنسا، و**ديفيد بي. جولدشتاين** يعملان في معهد بحوث الجينوم الطبية، المركز الطبي لجامعة كولومبيا، نيويورك، نيويورك 10032، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: rsd2135@cumc.columbia.edu; dg2875@cumc.columbia.edu

1. Sekar, A. *et al. Nature* **530,** 177–183 (2016).
2. www.schizophreniaforum.org/res/sczgene
3. The International Schizophrenia Consortium. *Nature* **460,** 748–752 (2009).
4. Schizophrenia Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium. *Nature* **511,** 421–427 (2014).
5. Stevens, B. *et al. Cell* **131,** 1164–1178 (2007).
6. Cannon, T. D. *et al. Biol. Psychiatry* **77,** 147–157 (2015).
7. Glausier, J. R. & Lewis, D. A. *Neuroscience* **251,** 90–107 (2013).
8. Glantz, L. A. & Lewis, D. A. *Arch. Gen. Psychiatry* **57,** 65–73 (2000).

علم الجينوم

مِن البحـــر، وإلَيْــهِ

يسلِّط تسلسل جينوم أحد أنواع الحشائش البحرية *Zostera marina* الضوءَ على كيفية تطور الطحالب البحرية إلى نباتات برية، قبل عودتها مرة أخرى إلى البحر.

سوزان ويليامز

ينتمي نبات *Zostera marina* إلى إحدى عائلات النباتات الزهرية البحرية التي تتكاثر جنسيًّا، وتتمتع بدرجة عالية من التخصص، وتُعرف باسم الحشائش البحرية. وعلى الرغم من أن هذا النبات لا يمثل النموذج الأمثل لدراسة التطور في النباتات، لكنه لا يزال نموذجًا مفيدًا في تأمل التحولات البيئية الكبيرة التي مر بها؛ إذ تَطَوَّر من شكل طحالب بحرية إلى نباتات زهرية برية، ثم انتقل إلى البحر مرة أخرى. يستعرض أولسن وزملاؤه[1] تسلسل الجينوم الكامل لهذا النبات، الذي يُعَدّ ثمرة تعاون 35 عالِمًا من جميع أنحاء العالم لمدة 8 سنوات، وينبغي أن يساعد هذا الاكتشاف علماء الأحياء النباتية على فهم عملية تطور هذا النبات بشكل خاص، وتطور النباتات الزهرية بشكل عام.

لم تحظَ الحشائش البحرية بقدر وافر من الاهتمام من قِبَل علماء البيولوجيا التطورية، ربما لأنها ـ في كثير من الأحيان ـ تقع بعيدة عن الأنظار، لكن نبات Zostera يمكنه تشكيل مروج ساحلية خضراء شاسعة، تؤمِّن الدعم للعديد من الأنواع الحيوانية (الشكل 1)، التي تحمل قيمة بيئية واقتصادية، مثل سمك الهلبوت، والمحار، وثعالب البحر المهدَّدة بالانقراض. لذا.. فهو يمثل نموذجًا جيدًا لدراسة كيف تؤثر العوامل الوراثية في أداء النظم البيئية، وهو ما يُعَدّ جوهر جهود الإنسان؛ للحفاظ على التنوع البيولوجي في وجه وتيرة التغيرات السريعة التي يشهدها كوكب الأرض. وإضافة إلى ذلك.. يحتوي *Zostera* على كتلة حيوية عالية، مثل الذُّرَة، وقصب السكر، كما أن له جذورًا تمتد عميقًا لتساعد على استقرار تربة الشواطئ. وقد شيَّدت الشعوب الأصلية من شمال غرب المحيط الهادئ إلى المكسيك حضارات حول هذه الحشائش وغيرها، كما استخدمها الأوروبيون أيضًا لحشو الأثاث، وعزل المنازل، ورعي الماشية[2].

من الناحية التطورية، يمثل نبات *Zostera* حالة غير عادية، حيث إنه حقق قفزة استثنائية عندما انتقل من المياه العذبة

إلى مياه البحار، وأصبح قادرا على منافسة أنواع الحشائش البحرية الأخرى. وقد بدأ مساره التطوري من الطحالب الخضراء البحرية، والتي تطورت للحياة فوق الأرض وإنتاج الزهور والبذور، ثم كاسيات البذور (الاسم الجماعي للنباتات الزهرية) والتي تأقلمت مع المياه العذبة – وهي الخطوة التطورية التي تبدو أنها وقعت عدة مرات. ومن كاسيات البذور في المياه العذبة تطورت بعض الحشائش البحرية بشكل منفصل وعادت إلى البحر مرة أخرى. ولكن يبدو أن هذه الخطوة وقعت ثلاث مرات فقط[3]، مما يدل على الطبيعة المتطرفة لهذا التحول البيئي.

على الرغم من أهمية نبات *Zostera* من الناحية التطورية والبيئية، إلا أن تحليله الجيني لم يبدأ حتى التسعينات من القرن الماضي (المرجع 4)، متأخرا بذلك عن كاسيات البذور الأخرى مثل القمح والبازلاء والأعشاب التي تعيش في البرية. وقد تعثرت الدراسات الوراثية المبكرة أكثر من مرة، بسبب صعوبة تنقية الحمض النووي والبروتينات الموجودة في مختلف أنواع الحشائش البحرية. علاوة على ذلك، لم ينجح العلماء في الهندسة الوراثية لتلك الحشائش، وبالتالي فلا يمكن استخدام النهج التقليدي في تهجين النباتات كوسيلة للولوج إلى عالمها الوراثي. هكذا وبالنظر إلى هذا التاريخ الطويل المليء بالعقبات، يشكل تسلسل الجينوم الذي توصل إليه أولسن وزملاؤه تقدما كبيرا.

يكشف تسلسل الجينوم الكامل لنبات *Zostera* عن فقده لعدة مجموعات جينية أساسية، أثناء انتقاله من البحيرات الهادئة والبرك إلى المحيطات المالحة. ومن الجينات المفقودة كانت تلك المسؤولة عن تكوين الثغور (المسام الموجودة على أوراق النباتات، والتي تنظم تبادل الغازات والحد من فقدان المياه)، والتي فقدت أهميتها لأن الحشائش البحرية ليست عرضة لفقدان الرطوبة، كما أنها تمتص الغازات الذائبة مباشرة من خلال طبقات الخلايا الخارجية. هذا بالإضافة إلى خسارة الجينات المسؤولة عن الحماية من الأشعة فوق البنفسجية، وكذلك المسؤولة عن استشعار الأشعة الحمراء البعيدة، حيث لا تخترق هذه الموجات المياه الساحلية بشكل كبير.

وقد استعادت الحشائش البحرية خلال انتقالها إلى البحر، جينات ترميز مركبات الجدار الخلوي التي فقدت عندما انتقلت الطحالب البحرية إلى الحياة البرية. وكان لهذه الجينات أدوار حاسمة في تعديل الضغط الإسموزي وتعزيز امتصاص المغذيات وتبادل الغازات في المياه المالحة. كما تشمل التعديلات التطورية أيضاً التغيرات التي تساعد حبوب اللقاح على الالتصاق بالمياسم (وهي نهايات أجزاء الزهرة المؤنثة) في المياه المالحة، والقدرة على التقاط الضوء والقيام بالتركيب الضوئي في المياه الساحلية ذات الاضاءة الخافتة، وفقدان جينات ترميز البروتينات التي تصنع وتستشعر التربينات، وهي مركبات طيارة تتواجد في الأعشاب العطرية، لأن ذلك لن يكون فعالا في بيئة مائية تحاول فيها الحشائش ردع الحيوانات المفترسة في المحيط.

تكمن أهمية معرفة تسلسل جينوم نبات *Zostera* في عدة نقاط: فهو يشكل لعلماء الأحياء التطورية الحلقة المفقودة في لغز تطور كاسيات البذور، كما أنه يوفر ثروة من المعلومات التي من شأنها تحسين فهمنا للعديد من المسارات الكيميائية الحيوية. فعلى سبيل المثال، قد يساعدنا تحديد تسلسل الحمض النووي للجينات التي تمنح المقاومة للمياه المالحة في هذه النباتات على استخدامها

STEVE TREWHELLA/FLPA



الشكل 1 | النظم البيئية للحشائش البحرية. يمثل النوع *Zostera marina* منزلًا لأنواع برية عديدة، بما في ذلك شقائق البحر.

كنموذج لدراسة كيفية تكيُّف المحاصيل الزراعية مع التربة المالحة على نحو متزايد.

كما أن نبات *Zostera* قادر على التكيف بشكل مُبْهِر، فهو ينمو تحت الجليد في المحيط المتجمد الشمالي، ويتحمل الحرارة الحارقة في ولاية باها كاليفورنيا المكسيكية، ويتمتع بانتشار كبير في نصف الكرة الشمالي المعتدل. وبالنسبة إلى علماء البيئة البحرية، يُعتبر جينوم نبات *Zostera* أداة قوية لكشف التعديلات التي تسمح للنبات بالازدهار في ظل مجموعة واسعة من الظروف البيئية. وقد يؤهلنا فهْم هذه القدرة على التكيف على مواجهة التغيرات البيئية، مثل تَحَمُّض المحيطات، وارتفاع درجات الحرارة في ظل تغير المناخ العالمي، حيث إنه من المعروف بالفعل عن تجمُّعات الحشائش البحرية الأكثر تنوعًا وراثيًّا تحملها للاضطرابات بشكل أفضل، وإمكانية استعادتها بسرعة أكبر، وإنتاجها للمزيد من الكتلة الحيوية بشكل أكبر من نظيراتها الأقل تنوعًا[5]. ومن خلال ما توصَّل إليه أولسن وزملاؤه، سيساعد التسلسلُ الجينومي المعلَن عنه الباحثيَن على الكشف عن العناصر الوراثية المسؤولة عن زيادة إنتاج الكتلة الحيوية، وعن القدرة على تحمل الظروف البيئية السيئة.

ربما يكون هذا هو الوقت المثالي لاستقبال ما توصَّل إليه أولسن وزملاؤه، حيث نشهد فقدانًا متزايدًا للنظم البيئية للحشائش البحرية، كما أنها تختفي على المستوى العالمي بمعدَّل ملعب كرة قدم أمريكية كل 30 دقيقة، حتى أصبحت هناك أنواع وحيوانات مرتبطة بها مهدَّدة بالانقراض[6]. ويُعزى هذا الاختفاء إلى الأنشطة البشرية، مثل بناء المراسي، والإفراط في تسميد المياه الساحلية، وتربية الأحياء المائية[7]. وهناك حاليًّا مجهودات حثيثة تُبذَل حول العالم؛ لاستعادة الحشائش البحرية، والحفاظ عليها. ولذلك.. فإنّ فهْم الجينات التي تساعد هذه الأنواع الرائعة على التكيف مع الحياة البحرية قد يكون عاملًا مساعدًا. ■

سوزان ويليامز تعمل في مختبر بوديجا البحري، وفي قسم التطور وعلم البيئة، جامعة كاليفورنيا، ديفيس، بوديجا باي، كاليفورنيا 94923، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: slwilliams@ucdavis.edu

1. Olsen, J. L. *et al. Nature* **530,** 331–335 (2016).
2. Hemminga, M. A. & Duarte, C. M. *Seagrass Ecology* (Cambridge Univ. Press, 2000).
3. Les, D. H., Cleleand, M. A. & Waycott, M. *Syst. Bot.* **22,** 443–463 (1997).
4. Ruckelshaus, M. H. *Mar. Biol.* **123,** 583–593 (1995).
5. Duffy, J. E. *et al. Ecol. Lett.* **18,** 696–705 (2015).
6. Hughes, A. R., Williams, S. L., Duarte, C. M., Heck, K. L. Jr & Waycott, M. *Front. Ecol. Environ.* **7,** 242–246 (2009).
7. Waycott, M. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **106,** 12377–12381 (2009).

موجات الجاذبية

بزوغ فجر عِلْم فَلَك جديد

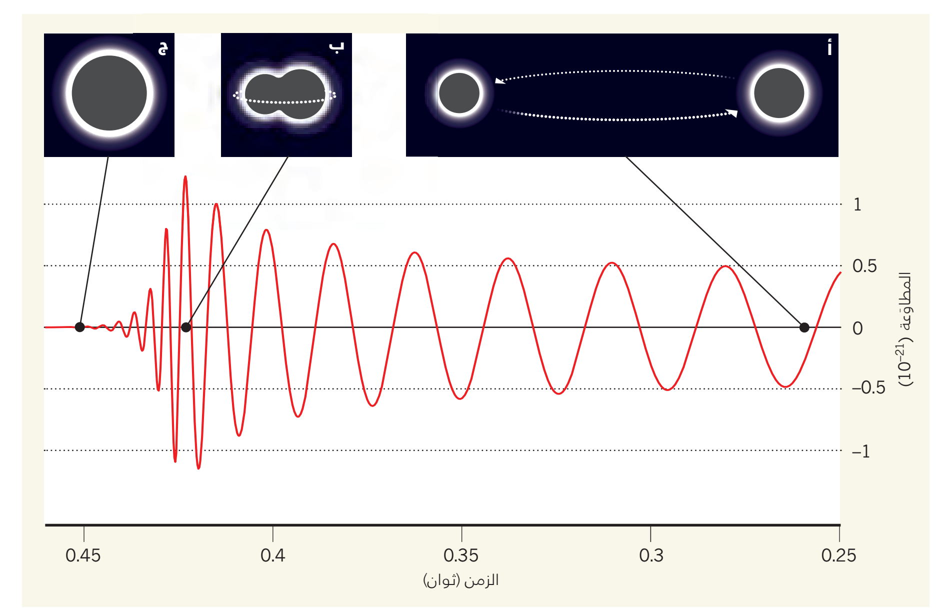
إنّ اكتشاف موجات الجاذبية ـ من خلال منظومة ثقوب سوداء، قيد الاندماج ـ يفتح نافذة جديدة على الكون؛ تَعِد باختبار الجاذبية في أقوى حالاتها، والكشف عن مفاجآت كثيرة حول الثقوب السوداء، وغيرها من المنظومات الفيزيائية الفلكية.

إم. كولمان ميلر

بعد مدة قصيرة من تقديم ألبرت آينشتاين نظريته عن الجاذبية (النسبية العامة) في عام 1915 إلى العالَم، اكتشف أن النجوم الثنائية ـ ومصادر أخرى ـ من المفترَض أن تولِّد موجات جاذبية[1,2]. ولسوء الحظ، وجد أيضًا أن أي مصدر يمكن تخيُّله سيولد موجات جاذبية ضعيفة، إلى حد يجعل رصْدها غير ممكن باستخدام التكنولوجيا التي كانت موجودة حينها. أما الآن، فقد تمكَّن أبوت وزملاؤه ـ ضمن مجموعة التعاون العلمي لمرصد "ليجو"، ومشروع التعاون "فيرجو" ـ مِن رصْد تلك الموجات، وأعلنوا عن الأمر في بحث[3] نشروه في دورية "فيزيكال ريفيو لترز" *Physical Review Letters*.

يصف المؤلفون في بحثهم عملية رصد الإشارة GW150914 الصادرة من موجات الجاذبية الناجمة عن

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | موجة جاذبية ناجمة عن ثقبين أسودين قيد الاندماج. يشير أبوت وزملاؤه[3] إلى رصْد موجة جاذبية، أرجَعوها إلى عملية اندماج ثقبين أسودين. **أ**، اكتُشفت الموجة لأول مرة عند حوالي 35 هيرتز، ببلوغها مجال حساسية مرصد "ليجو" المتطور (وهو مرصد الكشف). عند هذه النقطة، كان الثقبان يهرعان بحركة لولبية في اتجاه بعضهما البعض. ويتناسب نصف القطر المتصوَّر للاثنين مع كتلة كل ثقب منهما. **ب**، ازداد تردد الموجة مع حدوث الاندماج؛ فعند نقطة الاندماج نفسها، تراكبت آفاق الثقبين، لكنهما لم يبلغا حالتهما النهائية بعد. **ج**، تبددت الموجة مع بلوغ الثقب المندمج شكله الأخير والبسيط. تستنِد الموجة المرسومة هنا إلى بيانات الرصد، لكنْ جَرَى صَقْلها وموافقتها مع نموذج رقمي قائم على النسبية العامة. كما تمثِّل المطاوَعة التغيرات الطفيفة في المسافة التي تسبِّبها الموجات (اقتُبس الشكل من المرجع 1).

اندماج ثقبين أسودين (الشكل 1). وقد رُصدت تلك الموجات عن طريق التغيرات الطفيفة المؤقتة التي أحدثتها في أطوال كاشفي مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر "ليجو" LIGO المتطور، ومقره الولايات المتحدة؛ لكن يصعب التأكيد على التتابعات المتوقعة لهذا الكشف، وكذلك الوعود التي قد يقدِّمها للتطورات والاكتشافات المستقبلية. كان لدى الفلكيين في السابق ثلاثة أنواع فقط توصِّل الرسائل، تأتي من الفضاء من خارج منظومتنا الشمسية، قبل هذا الاكتشاف؛ هي: الفوتونات، والنيوترينوات، والأشعة الكونية عالية الطاقة. أما الآن، فيمكن إضافة موجات الجاذبية إلى تلك القائمة الصغيرة.

وإضافة إلى ذلك.. لا يمكن رؤية بعض أشد الأحداث عنفًا في الكون، إلا من خلال موجات الجاذبية. ومثال ذلك.. عملية تحرُّك ثقبين أسودين بشكل حلزوني واندماجهما معًا، مثل ذاك الذي أدَّى إلى ظهور الإشارة GW150914. فأثناء اللحظات الأخيرة من عملية الاندماج، كانت الطاقة المشعة في موجات الجاذبية تفوق الطاقة التي أشَعَّتها نجوم الكون كلها مجتمعةً في تلك اللحظات بعشرات المرات. ومن المتوقع ألّا يكون حدث كهذا قابلًا للكشف باستخدام أيٍّ من وسائل إيصال الرسائل الأخرى. لذا.. فإن فتح نافذة موجات الجاذبية سوف يزيح الستار عن أحداث لم تكن في السابق سوى تخمينات.

ستسمح نافذة موجات الجاذبية أيضًا بإجراء اختبارات للنسبية العامة في عوالم، لم يكن الوصول إليها ممكنًا من قبل. ويمكن تكوين فكرة عن النطاق الذي يمكن استكشافه الآن بمعاينة كمية ليس لها أبعاد، تُسمى GM/Rc^2، وهي تعبِّر عن قدر أهمية الجاذبية لجسم له كتلة M، ونصف قطر R (G هو ثابت الجاذبية الذي وضعه نيوتن، وc هو سرعة الضوء). بالنسبة إلى الكرة الأرضية، تساوي قيمة GM/Rc^2 عند السطح حوالي 7×10^{-10}، وتساوي حوالي 2×10^{-6} فقط بالنسبة إلى نجم كالشمس. لذا.. اقتصرت الاختبارات السابقة للنسبية العامة على المنظومات ذات الجاذبية الضعيفة فقط.

وعند أفق حدث الثقب الأسود (أي الحد الذي لا يمكن لشيء فيما دونه أن يفلت من نطاق جاذبية الثقب)، تساوي قيمة GM/Rc^2 1 تقريبًا، وهي أكبر بكثير من القيم الخاصة بالكواكب والنجوم. لذا.. أمكن اختبار الجاذبية مباشرة عند قوتها العظمى لأول مرة، وذلك بتحليل الإشارة GW150914، وأي إشارات أخرى تُرصد من اندماج مماثل في المستقبل. وقد اجتازت النسبية العامة الاختبارات التي وضعتها الإشارة GW150914 بنجاح باهر[4]. كما تقدِّم هذه الإشارة تأكيدًا على وجود آفاق للأحداث التي تتميز بها الثقوب السوداء، وهو التأكيد الأكثر مباشرة حتى الآن.

من المتوقَّع أن يصاحب اكتشاف الإشارة GW150914 تتابع جوهري في مجال علم الفلك. فالثقوب السوداء التي كانت معروفة في السابق، والتي تكوَّنت من نجم وحيد، تمتلك نطاقًا محدودًا جدًّا من الكتلة؛ إذ إن الكتلة الأكبر التي جرى تحديدها بشكل قاطع كانت تبلغ حوالي 15 ضِعْف كتلة الشمس فقط[5]. أما تحليل الإشارة GW150914، فقد ضاعف تلك الكتلة مرة واحدة (بلغت كتلة كل ثقب من الثقبين الأسودين المندمجين 29، و36 ضِعْف كتلة الشمس[6])، ثم ضاعفها مرة ثانية (استُنتِج أن الثقب الأسود الناتج عن الاندماج تساوي كتلته 62 ضِعْف كتلة الشمس[6]). وبرغم اشتهار الحركات الدورانية للثقوب السوداء بصعوبة قياسها، إلا أن أبوت وزملاءه تمكنوا من استنتاج مغزلية الثقب الأسود الناتج من خلال بياناتهم، حيث يدور الثقب الأسود ـ الذي يبلغ نصف قطره 160 كيلومترًا ـ بشكل كامل حوالي 100 مرة في الثانية؛ ما يساوي 70% تقريبًا من المعدل الأعلى المحتمل لأي ثقب أسود بهذا الحجم.

لم يكن لأي من ذلك أن يحدث من دون التطورات المدهشة التي تمت في أجهزة القياس. إن موجات الجاذبية لا تشوِّه أنسجة المكان والزمان بشكل كبير عند المسافة التي نحن عليها من أي مصدر محتمَل؛ ويوصف التشوه بقدر ليس له أبعاد، تُسمى "المطاوَعة"، وهي تمثل التغير الضئيل في المسافات، الذي تسببه الموجات. وحتى بالنسبة إلى حدث قوي نسبيًّا، مثل حدث اندماج ثقوب سوداء، يكون ذلك التغير ضئيلًا جدًّا (القيمة العظمى التي رصدها المؤلفون 10^{-21} فقط)؛ أي أن ذراعي مرصد "ليجو" المتطور، اللذين يأخذان شكل حرف L، ويبلغ طول كل منهما 4 كيلو مترات، يتغير طولهما بنحو 200/1 من نصف قطر البروتون. ومع ذلك.. يُمكِن رؤية مثل هذه التغيرات بفضل الدقة الفائقة للكواشف الضوئية في مرصد "ليجو" المتطور، ودقة تعليقه، وقوة أشعة الليزر الخاصة به؛ وهي نتاج سنوات من عمليات التطور التي تمت فيه. فقد تحسَّن كاشف مرصد "ليجو" من جميع الجوانب بشكل كبير جدًّا منذ بداية التخطيط له قبل 40 سنة.

والأكثر تشجيعًا.. أن هناك مزيدًا من التحسينات المحورية التي ستتم في المستقبل القريب. فمع تشغيله التالي في العام الحالي 2016، سيصبح المرصد قادرًا على رصد مساحة من الفضاء تساوي حوالي ثلاثة أضعاف ما كان يستطيع رصده في العام الماضي. وخلال عام، أو عامين من الآن، سوف ينضم كاشف "فيرجو" Virgo المتطور في إيطاليا إلى مسيرة البحث عن موجات الجاذبية. وبعد بضع سنوات، سيدخل كاشف موجات الجاذبية "كاميوكا" Kamioka الياباني نطاق العمل أيضًا، ومن المأمول أن ينضم مرصد "ليجو" في الهند إلى المسيرة قبل حلول عام 2025. وستستفيد هذه الشبكة الدولية أيضًا من التطورات التكنولوجية في مجال التلاعب بالضوء، مثل تلك التي تحدث في الكاشف GEO600 في ألمانيا. وحينها، ستفوق مساحة الفضاء التي يمكن رصدها ما يمكن رؤيته الآن بكشف الإشارة GW150914 بعشرات المرات، كما سيسمح هذا التوسع بتحديد اتجاه الأحداث المستقبلية بدقة أكبر بكثير عما هو ممكن الآن بواسطة الإشارة المرصودة.

وبدون شك.. يحمل المستقبل عديدًا من المفاجآت، خاصة في ضوء تطوير إمكانيات كشف موجات الجاذبية عند مجالات ترددية جديدة في مرافق معينة، مثل الهوائي الفضائي المتطور لقياس التداخل بالليزر، المحلِّق في الفضاء، والمصفوفة الدولية لتوقيت النوابض، الموجودة على الأرض؛ وأيضًا لتجارب مختلفة تعمل على دراسة استقطاب الأشعة الميكروية الكونية المحيطة، التي هي بمثابة الضوء الأقدم في الكون. وكما كان الحال حين وجَّه جاليليو تليسكوبه نحو السماء للمرة الأولى، فكل شيء سيكون جديدًا. إنه لشيء مميز حقًّا أن تكون موجودًا مع بزوغ فجر هذا المجال الجديد في عِلْم الفلك، المتعلق بموجات الجاذبية. ■

إم. كولمان ميلر يعمل في قسم علم الفلك، ومعهد علوم الفضاء المشترك، جامعة ميريلاند، كوليج بارك، ميريلاند 20742-2421، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: miller@astro.umd.edu

1. Einstein, A. *Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss.* **1,** 688 (1916).
2. Einstein, A. *Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss.* **1,** 154 (1918).
3. Abbott, B. P. *et al.* (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) *Phys. Rev. Lett.* **116,** 061102 (2016).
4. The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration. Preprint at http://arxiv.org/abs/1602.03841 (2016).
5. Kreidberg, L., Bailyn, C. D., Farr, W. M. & Kalogera, V. *Astrophys. J.* **757,** 36 (2012).
6. The LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration. Preprint at http://arxiv.org/abs/1602.03840.

يقرّ المؤلف بوجود تضارب في المصالح.
للمزيد من التفاصيل، انظر go.nature.com/wfoqkb.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 11 فبراير 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 11 فبراير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

تطور

آلية عمل "جين نشوء الأنواع" *Prdm9*

يرتبط بروتين *PRDM9* بالحمض النووي، ويتحكم في موضع الجديلة المزدوجة في الانقسام الاختزالي، كما يعبر عن جين *PRDM9*، وهو النسخة الوحيدة المعروفة عند الثدييات في مسؤوليتها عن نشوء الأنواع، من خلال التحكم في حالة العقم التي تصيب الفئران الهجينة، والناتجة عن تزاوج الأقارب منهم. ويُظْهِر الباحثون إمكانية القضاء على حالة عقم الحيوانات تلك، عن طريق إدخال تتابعات مجال إصبع الزنك من النسخة البشرية للجين، وبالتالي تغيير موضع الفواصل مزدوجة الجديلة. ولذلك.. قد يكون لجين *PRDM9* دور عام، ولكنه عابر في المراحل المبكرة من نشوء أنواع جديدة.

Re-engineering the zinc fingers of *PRDM9* reverses hybrid sterility in mice

B Davies *et al*

doi: 10.1038/nature16931

سلالة غوريلا مبكِّرة منقَّحة

تم النظر إلى تشكيل "كورورا" Chorora على الهامش الجنوبي لصدع عَفَار بإثيوبيا كموفر لسجل أحفوري لما يقرب من 10.5 مليون عام. فقد أبلغت جين سووا وزملاؤها في عام 2007 عن اكتشاف حفرية لأقارب الغوريلا بتشكيل كورورا، ويُعتقد أنها تبلغ من العمر ما بين 10 إلى 10.5 مليون عام. تم النظر إلى *Chororapithecus abyssinicus* كعضو بدائي بالنوع الفرعي للغوريلا. وتستعرض حاليًّا سووا وزملاؤها ملاحظات حقلية جديدة، تُعتبر بمثابة بيانات جيوكيميائية، وطبقات صخرية مغناطيسية، ونظيرراديوية، تتسق مع مراجعة جوهرية لعمر تشكيل الكورورا لما يبلغ حوالي 8 مليون عام. يغيِّر هذا زمن وجود *Chororapithecus* إلى الزمن الذي كانت فيه القردة شائعة بأوراسيا، وهي واحدة من الدلائل الأحفورية النادرة للقردة. ويبدو الإسناد لسلالة الغوريلا في غاية الأهمية، لأنه يساعد على كبح الانقسام والسلالة المؤدية إلى أشباه البشر والشمبانزي، وتشير إلى أن هذا الانقسام في مسيرة التطور قد حدث في أفريقيا.

New geological and palaeontological age constraint for the gorilla–human lineage split

S Katoh *et al*

doi: 10.1038/nature16510

كيمياء

استكشافات دوّامة قطبية

يمكن أن يؤدي التفاعل المعقد بمنظومات مواد تمتلك درجات تفاعلية عدة من الحرية (كالغزل، والشحنة، والتشوة الشبكي) إلى أطوار غريبة. وقد تم التعرف على مثال حي لمثل هذا السلوك من قِبَل راموري راميش وزملائه بشبكات فائقة، تتكون من طبقات متبادلة من $PbTiO_3$، و$SrTiO_3$، حيث لاحظوا تكوُّن شكل غير اعتيادي من التنظيم الكهربي الحديدي بطبقات $PbTiO_3$، مع تنظيم ثنائيات القطب الكهربية أنفسها إلى هياكل مصفوفية دوّامية-وغير دوّامية دورية، مما يشير إلى الطرق المحتمَلة لمزيد من ضبط وتعزيز خواص تلك المواد الأكسيدية متعددة الجوانب.

Observation of polar vortices in oxide superlattices

A Yadav *et al*

doi: 10.1038/nature16463

علم الجينوم

مراقبة جينومات فيروس الإيبولا

أوردت ورقة بحثية استخدام أجهزة فك تتابع الحمض النووي ذي الثقوب النانوية MinIONs؛ للحصول على بيانات جينومية فورية لفيروس الإيبولا في غينيا. وأوضح الباحثون أنه من الممكن تجميع أجزاء معمل محمولة، ونقلها في حقيبة إلى موقع فعلي لفك تتابع الفيروس، وتوليد نتائج في غضون 24 ساعة من جمْع العينة.

Real-time, portable genome sequencing for Ebola surveillance

J Quick *et al*

doi: 10.1038/nature16996

أحياء مجهرية

مثبطات البروتيوسوم ببكتيريا *Plasmodium*

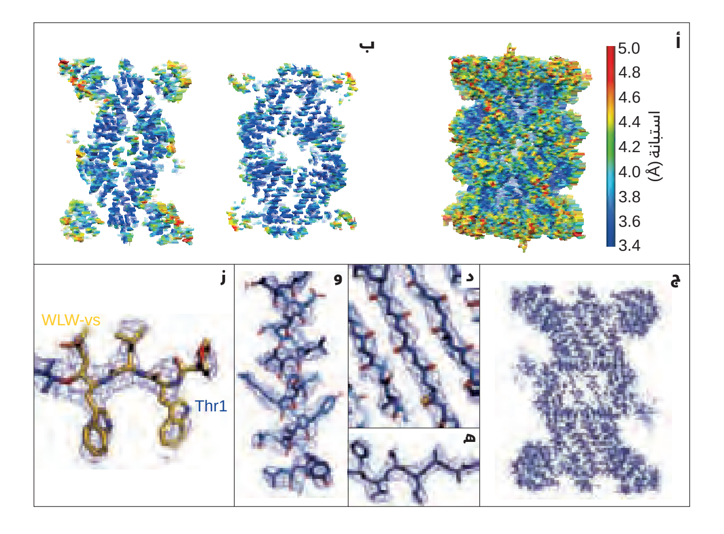
تُعتبر المركبات التي تستهدف بروتيوسوم بكتيريا بلازموديوم *Plasmodium* علاجات قيِّمة محتملة مضادة لمرض الملاريا، لكن غالبية التي تم اختبارها حتى الآن وُجدت سامة بالنسبة إلى البشر. وفي هذه الدراسة، استخدم الباحثون طريقة تنميط الركيزة، لتعريف تفضيلات الأحماض الأمينية المحددة للبروتيوسوم الطفيلي، واستخدموا التخليق الكيميائي لإنتاج المثبطات التي تستهدف ـ بشكل تفضيلي ـ وحدة فرعية β2. وأثبتوا أن مثل هذا المثبط يخفف النمو الطفيلي في الجسم الحي، ويتآزر مع أدوية الأرتيميسينين؛ لتحفيز تثبيط النمو. وتقدِّم بِنْيَة بروتيوسوم 20S لطفيل الملاريا *P. falciparum* المقيد إلى المثبط ـ التي تم الحصول عليها بواسطة مجهر إلكترون تبريد العينة ـ تبصُّرًا جزيئيًّا قيِّمًا، يمكن استخدامه لتطوير تصميم المثبط.

Structure- and function-based design of *Plasmodium*-selective proteasome inhibitors

H Li *et al*

doi: 10.1038/nature16936

الشكل أسفله | البنية الأساسية للبروتيوسوم 20S في بكتيريا *P. falciparum* المقيد إلى المثبط WLW-vs، والتي تم تحديدها بواسطة مجهر إلكترون تبريد العينة وتحليل الجسيم الأحادي. أ، خريطة مجهرية إلكترون تبريد العينة مرمزة لونيًّا، وفقًا للاستبانة على النحو الذي تحدده خريطة ResMap. **ب**، أجزاء من الخريطة، كما هو موضح في **أ**، تكشف عن الاستبانة الأعلى في المناطق الداخلية من المركب، مقارنة بالأسطح المكشوفة للمذيب. **ج**، جزء من خريطة مجهر إلكترون تبريد العينة، كتمثيل شبكي، يبين التركيب الشامل لنموذج البروتين. **د** – **ز**، مناظر مفصلة للخريطة، تبين فصلًا واضحًا لجدائل بيتا المشكّلة للصفائح (**د**) استرجاع جيد للسلاسل الجانبية، كل منها في جدائل بيتا (**هـ**) ولوالب ألفا (**و**)، ولكثافة المثبط WLW-vs عند الموقع النشط للبروتيوسوم بيتا2 (**ز**).



فيزياء كمية

صور انعدام استقرار روزينسفايج

يمكن للغازات الكمية القطبية الثنائية أن تكون بمثابة منظومات نموذجية لظواهر المادة المكثفة، التي تنطوي على كسر التماثل. فعلى سبيل المثال.. يمكن لمتكثف بوز-أينشتاين مع تفاعل قطبي ثنائي أن يعمل كمائع حديدي كَمِّي، تم التنبؤ بأنه سيُظْهِر أنواعًا من الاستقرار، حيث يتم كسر التماثل، وتتشكل بِنًى ذاتية التنظيم، وذلك مقارنة بالمائع الحديدي الكلاسيكي. يرصد هولجر كادو وزملاؤه ـ بشكل تجريبي ـ كسر تماثل انتقالي تلقائي بمتكثف بوز-أينشتاين القطبي الثنائي، الخاص بذرات الديسبورسيوم. يتجلى هذا في الانتقال من مائع فائق إلى طَوْر من البلورات المتقطرة المنتظمة. وبينما لا يؤكد الباحثون ـ بطريقة مباشرة ـ بقاء الطور البنيوي مائعًا فائقًا، يمكن للمنظومة أن تترشح؛ ليكون لها طور مائعي فائق.

Observing the Rosensweig instability of a quantum ferrofluid

H Kadau *et al*

doi: 10.1038/nature16485

علم الخلية

مرونة المستقبِلات المقترنة ببروتين G

المستقبِلات المقترنة ببروتين جي "GPCRs" هي بروتينات غشائية تشارك في عديد من العمليات الحيوية، وتُعتبر أهدافًا مهمة للأدوية. وعلى الرغم من ورود العديد من البنى البلورية بالأشعة السينية للمستقبِلات المقترنة ببروتين جي في السنوات القليلة الماضية، إلا أنه لا يُعرف سوى القليل نسبيًّا عن ديناميّتها المتعلقة بالتكوين الجزيئي. وقد استخدم الباحثون مطيافية الرنين النووي المغناطيسي؛ لرصد التغيرات المتعلقة بالتكوين الجزيئي، التي تحدث في المستقبل الأدرينالي-β_1 التركي بحضور المناهِضات، والناهضات الجزئية، والناهضات الكاملة. تعرَّف الباحثون على عدة مسارات تأشير تفارغية، وحددوا أن تقييد الناهض لهذا النوع من المستقبِلات المقترنة ببروتين جي يبدأ انحناء حلزونيًّا عبر غشائي رئيس نحو التشكل "النشط" الملاحَظ في البِنْيَة البلورية بالأشعة السينية للمستقبِل الأدرينالي-β_2 في مركّب بروتين جي.

Backbone NMR reveals allosteric signal transduction networks in the β_1-adrenergic receptor

S Isogai *et al*

doi: 10.1038/nature16577

فيزياء

تقدُّم الليزر على مسار تصادمي

تبلغ المصادمات التي يستخدمها فيزيائيو الجسيمات عادة عدة كيلومترات من حيث الطول، حيث تقوم بتوليد نبضات إلكترونات عالية الطاقة عبر سلسلة من وحدات التسارع. وتمتلك المصادمات معجلات ليزر البلازما، حيث تستثير نبضة ليزر مَوْجَةً بالبلازما، تعجِّل الإلكترونات المحقونة بدورها القدرة على إنتاج نتائج مشابهة بأجهزة مدمجة أكثر من ذلك بكثير. ومع ذلك.. ففي مرحلة مفردة يكون كسب الطاقة الخاص بالإلكترونات محدودًا بتأثيرات، كالتغير الطَّوْري، ولذلك.. فقد كانت مضاعفة مراحل تعجيل ليزر البلازما المتعددة هدفًا طويل الأمد. تقدِّم هذه الدراسة دليلًا على إثبات صحة مبدأ معجل ليزر بلازمي ثنائي المراحل، حيث يتم إنتاج نبضة إلكترونية بالوحدة الأولى، تم حقنها إلى وحدة ثانية مدعومة بنبضة ليزر ثانية، محكومة بطريقة مستقلة.

Multistage coupling of independent laser-plasma accelerators

S Steinke *et al*

doi: 10.1038/nature16525

الشكل أعلاه | الإعدادات التجريبية. في المرحلة الأولى، تم تطبيق نبضة ضوء ليزري على منفث غازي، كعدسة بلازما نشطة. ومن ثم، تم تركيز النبضة على شعيرة تفريغ، تعمل كعدسة بلازما نشطة. وفي المرحلة الثانية، تدخل النبضة شعيرة تفريغ ثانية. تدفع نبضةُ ليزر ثانية الإلكترونات إلى مزيد من التسارع؛ ويقترن هذا الليزر مع شعيرة تفريغ ثانية عبر شريط مرآة بلازمي. تُستخدم شاشات لانيكس للكشف عن الطاقة المتكاملة، وكذلك المناظير الجانبية لطاقة الإلكترون المشتتة (كجزء من مطياف ثنائي القطب). تبيِّن الصورة المرفقة قطر وسط نبضة الإلكترون (بـ"حجم البقعة") المتطور على طول مسار النبضة (z)، والمحاكَى لطاقات نبضة الإلكترون المختلفة المنتَجة بواسطة المرحلة الأولى. تم تركيز الطاقات في الفترة 75 – 125 ميجا إلكترون فولت عند مدخل شعيرة المرحلة الثانية؛ لرصد الأحجام في نطاق حجم بقعة الليزر المدخلة (18 ميكرومترًا).

البيئة الملائمة للخلايا الجذعية

حتى وقت قريب، كان عزل الخلايا الجذعية المنتجة للدم "HSCs" والتعرف عليها عملية معقدة، تنطوي على التلاعب بمعايير متعددة، وهذا ما يعقِّد دراسة بيولوجيا الخلايا الجذعية المنتجة للدم في الموقع. وكان من الصعب ـ على وجه الخصوص ـ تأسيس علاقتها بالبيئة الملائمة للخلايا الجذعية المنتجة للدم، وتنظيم خصائص التمايز والتجديد الذاتي الخاصة بها بواسطة بيئتها. يوضح إرفينج وايزمان وزملاؤه التعبير عن جين واحد *Hoxb5*، يَعرِف الخلايا ذات القدرة على إعادة التشكيل طويلة الأجل. وتبينوا أن هذه الخلايا توجد أساسًا على اتصال مباشر مع الخلايا البِطَانية.

Hoxb5 marks long-term haematopoietic stem cells and reveals a homogenous perivascular niche

J Chen *et al*

doi: 10.1038/nature16943

الآثار الضارة للخلايا المُسِنَّة

تراكم الخلايا المُسِنَّة في مختلف الأنسجة والأعضاء خلال مراحل الشيخوخة الطبيعية، لكن لا يزال غير معروف ما إذا كانت هذه الخلايا تؤثر على الصحة والعمر، أم لا، وكيف. وقد أظهر جان فان ديورسين وزملاؤه أنه عندما تراكم خلايا مُسِنَّة أثناء مرحلة البلوغ، يكون لها تأثير سلبي على المدى العمري، كما تعزِّز التغييرات المعتمدة على العمر في مختلف الأعضاء. وقد لوحظ أثر التخلص من هذه الخلايا على تأخُّر تَكَوُّن الأورام، وتخفيف التدهور المتعلق بالسن في العديد من الأعضاء، من دون آثار جانبية علنية. وتشير هذه النتيجة إلى أن الإزالة العلاجية للخلايا المُسِنَّة قد تكون قادرة على إطالة فترة الحياة.

Naturally occurring p16^{Ink4a}–positive cells shorten healthy lifespan

D Baker *et al*

doi: 10.1038/nature16932

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الأعصاب

دوائر عصبية تتأثر بالمواد الأفيونية

إن الرغبة في تجنُّب أعراض الانسحاب هي المحرك الرئيس لاستمرار تعاطي المخدرات لدى مدمني الأفيون، لكن الدوائر العصبية التي تتوسط أعراض الانسحاب ليست مفهومة جيدًا. تَبَيَّن تشن إكسياوكي وزملاؤه أن مسارًا من نواة مجاورالبطين من المهاد (PVT) إلى النواة المتكئة (NAC) يتوسط النفور السلوكي، بما في ذلك أعراض الانسحاب، من خلال تقوية الانتقال المشبكي بين الخلايا العصبية نواة مجاور البطين من المهاد، والخلايا العصبية الشوكية المتوسطة، التي تعبِّر عن مستقبِل الدوبامين 2. وقد يلغي الإسكات البصري الوراثي لهذا المسار أعراض الانسحاب، ويقمع النفور السلوكي في الاستجابة للمؤثرات المجهدة، مما يشير إلى دور عام في السيطرة على الاستجابة للتجارب السلبية.

A thalamic input to the nucleus accumbens mediates opiate dependence

Y Zhu *et al*

doi: 10.1038/nature16954

وراثة

وراثة مرض انفصام الشخصية

تُعتبر أقوى رابطة وراثية موجودة في مرض انفصام الشخصية هي ارتباطه بعلامات وراثية عبر موضع مركّب التوافق النسيجي الرئيس (MHC)، الذي تم وصفه في ثلاث ورقات بحثية نُشرت في دورية *Nature* في عام 2009. وتُعَدّ إشارة الرابطة عند مركّب التوافق النسيجي الرئيس معقدة للغاية، لكن مؤخرًا أورد ستيفن مكارول وزملاؤه تشريحًا لترابط مركّب التوافق النسيجي الرئيس بمرض انفصام الشخصية، ووجدوا إسهامًا قويًّا من عديد من الأليلات المختلفة بنيويًّا لجينات العنصر المكمل الرابع (*C4*). وقد لوحظت درجة عالية من الترابط لأليلات المكمل الرابع، التي عزّزت أكبر تعبير لـ*C4A*، في أنسجة المخ للمانحين بعد الوفاة من البالغين المصابين وغير المصابين بمرض انفصام الشخصية. ويرى الباحثون أن أليلات *C4* قد تعمل مع المكونات الأخرى من السلسلة المتممة الكلاسيكية؛ لتعزيز تقليم المتشابك، وتتوسط صقل المتشابك في نموذج الفأر.

Schizophrenia risk from complex variation of complement component 4

A Sekar *et al*

doi: 10.1038/nature16549

علم المناخ

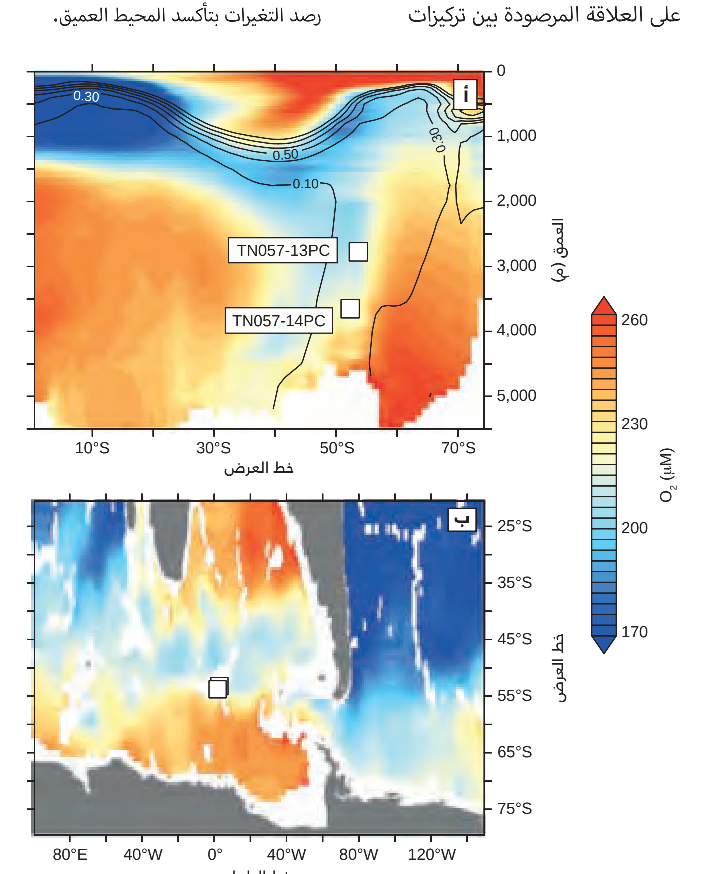
تباين جليدي-بين جليدي لـ"CO_2"

يُعتقد أن التبادل الكربوني بين المحيط الجنوبي العميق والغلاف الجوي يلعب دورًا مهمًّا في السيطرة على التباين الجليدي-بين الجليدي بتركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. تقدِّم هذه الورقة البحثية إعادة بناء لتغيرات التأكسد المحيطي الجنوبي العميق، الذي يعكس تغيرات المخزون الكربوني المتنفَّس عبر الدورة الجليدية الأخيرة. ويوفر السجل دعمًا للفكرة القائلة إن الكربون المُتنفَّس تمت إزالته من المحيط الجنوبي العميق أثناء الانحسار الجليدي، كنتيجة للتخصيب الحديدي المختزل والتهوية المحيطية المحسَّنة. في الواقع، تم الحفاظ على العلاقة المرصودة بين تركيزات ثاني أكسيد الكربون الغلاف الجوي، وتأكسد المحيط الجنوبي العميق أثناء معظم فترات الـ80,000 عام السابقة، مما يشير إلى أنه على النطاق الألفي، فقد لعب التدوير المحيط العميق والتخصيب الحديدي بالمحيط الجنوبي دورًا مستمرًّا في السيطرة على التباين الجليدي–بين الجليدي بتركيزات ثاني أكسيد كربون في الغلاف الجوي.

Covariation of deep Southern Ocean oxygenation and atmospheric CO_2 through the last ice age

S Jaccard *et al*

doi: 10.1038/nature16514



الشكل أسفله | إطار مسح المحيطات الحديث. تم عرض تركيز الأكسجين الذائب الحالي على المقطع العرضي لخط الطول للمحيط الأطلسي الجنوبي، والمتوسط بين 25° غربًا، و10° شرقًا (أ) وعلى السطح الأفقي عند عمق مياه 2800 م (ب). تبيِّن خطوط كونتور بـ(أ) تركيز الكلوروفلوروكربون-11 (CFC-11) بالبيكو مول لكل كيلوجرام. مواضع موقع اللب مغمورة بالأكسجين بشكل جيد، تشير التهوية الحديثة لكتل المياه تحت السطحة والملاحظات إلى أن المحفوظات الرسوبية تُعَدّ سجلات حساسة، يمكن من خلالها رصد التغيرات بتأكسد المحيط العميق.

كيمياء حيوية

تحديد بِنْيَة بلورات معيبة

غالبًا ما يكون تعيين بِنْيَة البروتين بواسطة التصوير البللوري بالأشعة السينية محدودًا بانعدام فرص الحصول على بللورات عالية الجودة، تقوم بتوليد أنماط حيود تفصيلية كافية. وبالرغم من ذلك.. فإن أنماط الأشعة السينية عادة ما تحتوي على حيود متصل، يتم تجاهله بشكل كبير، لكن يمكنه ـ من حيث المبدأ ـ توفير معلومات كافية للتغلب على تلك المحدودية. يبيِّن كارتيك آير وزملاؤه أن الحيود المتصل ينشأ عن الاضطراب الشبكي، الذي يتيح بالفعل التحديد البنيوي. وقد استخدموا بيانات مجمعة من بلورات معيبة للنظام الضوئي البروتيني المعقد الثاني؛ للحصول على صورة ذات دقة فصل قدرها 3.5 أنجسترومز. وتضع الطريقة قيمة كبيرة للبلورات المعيبة، التي عادة ما تصادفنا، ويُتوقع أن تمكِّننا من تحديد مباشر عالي الدقة للبِنْيَة لنطاق من الأنظمة الجزيئية العينيّة.

Macromolecular diffractive imaging using imperfect crystals

K Ayyer *et al*

doi: 10.1038/nature16949

علم البيئة

إمكانية استعادة الغابات عافيتها

يُعتبر أكثر من نصف الغابات الاستوائية العالمية نتاج النمو الثانوي، الذي تبع وقوع تغيُّر بيئي بشري. لذلك.. فمن المهم معرفة السرعة التي تتعافى بها تلك الغابات الثانوية بشكل كاف؛ لتوفير خدمات النظام البيئي المكافئة للنمو القديم للغابة. ركَّز هؤلاء الباحثون على امتصاص الكربون في الغابات الاستوائية الجديدة، واكتشفوا أن امتصاص الكربون أعلى بكثير من نظيره في الغابات قديمة النمو، مما يسمح بالتعافي لـ90% من مخزون الكربون في فترة يبلغ متوسطها 66 عامًا، لكنْ هناك أيضًا تباين واسع في إمكانية التعافي. وقد تساعد تلك المعرفة على تقييم الآثار المترتبة على فقدان الغابات، وإمكانية التعافي بالمناطق المختلفة.

Biomass resilience of Neotropical secondary forests

L Poorter *et al*

doi: 10.1038/nature16512



غلاف عدد 18 فبراير 2016

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 18 فبراير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم نفس

الآلـهة الوعظية كقوة محقِّقة للاستقرار

كيف استمر التعاون في المجتمعات البشرية الكبيرة والمعقدة على نحو متزايد؟ يفحص الباحثون دور الدين، وعلى وجه التحديد.. المتمثل في الآلهة الوعظية والعقابية، التي تهتم بتصرفات البشر. وباستخدام ألعاب اقتصادية ومقابلات إثنوغرافية، اختبر الباحثون أكثر من 500 شخص يتبعون المسيحية، والهندوسية، والبوذية، والتقاليد المحلية، بما فيها الروحانية وعبادة الأسلاف. وقد وجدوا أن هؤلاء الذين يؤمنون بالآلهة التي يرون فيها قوى وعظية وعقابية وعالِمة، من الأرجح أنهم لَيِّنُو الجانب مع إخوانهم في الدين، غير وثيقي القرابة منهم.

Moralistic gods, supernatural punishment and the expansion of human sociality

B Purzycki *et al*

doi: 10.1038/nature16980

تطور

تتبُّع مسار التغيير التطوري

قد يصبح علم الوراثة التطورية المنخرط في تطوير صفة مظهرية واحدة معقدًا، وينطوي على العديد من الجينات المختلفة، ومساحات طويلة من الزمن. فقد حللت راشيل بريم وزملاؤها التغيرات التي طرأت على المسار التنظيمي لاستخدام الجلوكوز/ الجالاكتوز عبر عديد من أنواع الخميرة التي سمحت بتطور تخصُّص السكر. وحددوا مجموعة من مواضع متباينة تتوسط مقايضة اللياقة البدنية بين الأنواع المعزولة تناسليًّا. يشير هذا العمل إلى أن تلك الخرائط الوراثية للأنماط الظاهرية المركبة هي هدف واقعي، حتى في الأنواع المتباينة بشدة.

Polygenic evolution of a sugar specialization trade-off in yeast

J Roop *et al*

doi: 10.1038/nature16938

كيمياء حيوية

بِنْيَة إنزيم إنتيجريز ثُماني الصيغة

تُعتبر خطوة إدماج الحمض النووي الفيروسي المنسوخ عكسيًّا في جينوم المضيف خطوة أساسية في دورة حياة الفيروسات القهقرية، ويتم تحفيزها عن طريق بروتين إنتيجريز. فقد استخدمت دراستان ـ من مختبرات هيديكي أيهارا، وآلان إنجلمان ـ دراسة البلوريات، ومجهرية إلكترون تبريد العينة؛ لتحديد بِنْيَة فيروس الورم اللحمي روس RSV، وإنتاسومات intasomes فيروس الورم الثديي في الفأر، وهو مركب يحتوى على إنزيم إنتيجريز، والحمض النووي الفيروسي والحمض النووي المستهدف. وقد وجدوا أن إنزيم إنتيجريز هو تجميع ثماني الصيغة الجزيئية، وليس رباعي الصيغة الجزيئية كما ذُكر سابقًا، حيث يجذب زوج من نواة إنتيجريز ثنائي الصيغة الجزيئية نهايات الحمض النووي الفيروسي للتحفيز، بينما يَربِط زوج آخر غير حفّاز اثنين من جزيئات الحمض النووي الفيروسي، ويساعد على التقاط الحمض النووي المستهدَف. ويُعتبر وجود الزوج الجانبي غير المتوقع من الإنتيجريز ثنائي الصيغة الجزيئية ضروريًّا لالتقاط الهدف، ونقل الجديلة.

Cryo-EM reveals a novel octameric integrase structure for betaretroviral intasome function

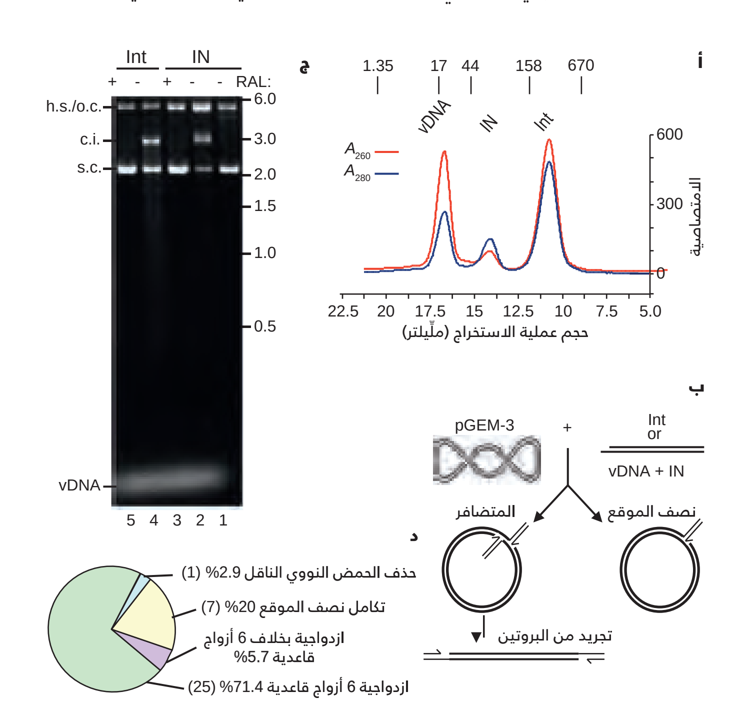
A Ballandras-Colas *et al*

doi: 10.1038/nature16955

Crystal structure of the Rous sarcoma virus intasome

Z Yin *et al*

doi: 10.1038/nature16950



الشكل أسفله | توصيف إنتاسوم (Int) فيروس الورم الثديي بالفأر (MMTV).
أ، تنقية بواسطة استبعاد حجم الكروماتوجرافي (SEC). يشار إلى مواضع عملية استخراج معايير الكتلة بالكيلودالتون. **ب**، رسم تخطيط للفحص التكاملي. تفاعُل إنتاسوم، أو إنزيم الإنتيجريز IN، إضافة إلى الحمض النووي الفيروسي vDNA مع الحمض النووي الناقل فائق الالتفاف، الذى يمكن أن ينتج منتجات نصف موقع (h.s.) أو تكاملًا متضافرًا (c.i.). **ج**، هلام الأجاروز المصبوغ ببروميد الإيثيديوم. بدأت التفاعلات المبينة في الممرات (فتحات في الهلام) من 1-3 مع إنزيم الإنتيجريز IN؛ وحُذف الحمض النووي الفيروسي من ممر 1. أدرج رالتيجرافير(RAL) كما هو مبين. الممران 4 و5، تفاعلات إنتاسوم. يُشار إلى مواضع الهجرة لمنتجات نصف الموقع التي تشارك في الهجرة مع الحمض النووي الناقل الدائري (o.c.) ومنتجات التكامل المتضافرة، والحمض النووي الناقل فائق الالتفاف (s.c.) ومعايير الكتلة بالكيلو قاعدة؛ للحصول على بيانات مصدر الهلام. **د**، منتجات التكامل المتضافرة بواسطة الإينتاسوم المتسلسل (المحرَّرة تتابعاته الوراثية)، (العدد n = 35).

علم الأعصاب

تحديد الخلايا العصبية المسؤولة عن التَّنَهُّد

على الرغم من أن التنهُّدات هي جزء لا يتجزأ من التنفس والفسيولوجيا التنفسية، لا يُعرف إلا القليل عن الدوائر العصبية المتحكمة في هذا السلوك. وقد حدد مارك كراسنو وزملاؤه مجموعة فرعية صغيرة من الخلايا العصبية المحددة وراثيًّا في النخاع، التي تمتد إلى مولد الإيقاع التنفسي.. مركّب بريبوتزينجر "preBötC" لدفع عملية التنهد. وينتج عن تثبيط هذا الاتصال القضاء نهائيًّا على فعل التنهد، بينما يترك التنفس العادي سليمًا. ويقترح الباحثون الآلية التي قد تدمج بها خلايا بريبوتزينجر العصبية المدخلات الفسيولوجية، وربما العاطفية؛ لتحويل الأنفاس العادية إلى تنهدات، عندما يكون ذلك مناسبًا.

The peptidergic control circuit for sighing

P Li *et al*

doi: 10.1038/nature16964

فيزياء كمية

هندسة جديدة للمعلومات الكَمِّيَّة

تتطلب غالبية بروتوكولات الاتصالات الكمية، والتخزين الكمي، والتحويل الكمي تداخلًا بصريًّا لكَمٍّ ميكانيكي مفرد، وهو في هذه الحالة فوتون وفونون. يبرهن سيمون جروبلاشر وزملاؤه على تداخل كَمِّي بين أزواج مترابطة غير كلاسيكية من الفوتونات والفونونات المفردة، مخلَّقة ومستخرَجة من جهاز رنان ميكانيكي نانوي. وتبرهن هذه التجربة على عملية الأجهزة الرنانة الصلبة المحمولة على رقاقة في استخدامها كواجهات كمية خفيفة المادة، من حيث المبدأ.

Non-classical correlations between single photons and phonons from a mechanical oscillator

R Riedinger *et al*

doi: 10.1038/nature16536

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أحياء جزيئية

بِنْيَة U4/U6.U5 الخاص بالخميرة

في متابعة لِبنْيَة مجهرية إلكترون تبريد العينة عند استبانة 5.7 أنجستروم، التي اكتشفها كيوشي ناجي وزملاؤه لمركّب U4/U6.U5 ثلاثي جزيء الريبونوكليك النووي الصغير، ونُشرت قبل أقل من سنة مضت، حقَّق الباحثون مؤخرًا استبانة 3.7 أنجستروم للمركّب ذاته الخاص بالخميرة، وهو معقد منخرط في تضفير الحمض النووي الريبي المرسال. تسمح الاستبانة المحسّنة بتقدير أفضل، وتقدم تبصُّرات وظيفية جديدة في تنشيط آلة السبليسوسوم الجزيئية، وتكوين مركز الحَفْز.

Cryo-EM structure of the yeast U4/U6.U5 tri-snRNP at 3.7 Å resolution

T Nguyen *et al*

doi: 10.1038/nature16940

NEK7 يتوسط تنشيط NLRP3

الجسيم الالتهابي NLRP3 هو عنصر بالغ الأهمية في نظام المناعة الفطرية، وقد تم ربطه بأمراض مكتسَبة وموروثة متعددة. ومع ذلك.. فإن الآلية الجزيئية التي تؤدي إلى تجمُّع تلقائي من وحداته وتنشيطها ما زالت بعيدة المنال. وقد حَدَّد جابريل نونيز وزملاؤه عضوًا في عائلة إنزيمات كينيز ذات الصلة بـ(NEK7) NIM كمنظِّم لهذا التجمع وتنشيطه. ويُعتبر NEK7 مسؤولًا عن حركة تدفق البوتاسيوم في شكل مستقل عن نشاط إنزيم الكينيز الخاص به.

NEK7 is an essential mediator of NLRP3 activation downstream of potassium efflux

Y He *et al*

doi: 10.1038/nature16959

كيمياء

مركّب يورانيوم ذو نشاط حفزي

أبلغ كارستن ماير وزملاؤه عن أول مثال لاختزال كهربي حفزي لجزئ مياه H_2O إلى هيدروجين H_2 باستخدام مجموعة متشابكة تنسيقية من اليورانيوم الثلاثي الجزيئي. الطبيعة الحفزية لهذا التفاعل غير اعتيادية، لأن قوة الربط لحافز اليورانيل ($O=U_{(IV)}=O$) تعني أن معظم مجموعات اليورانيوم المتشابكة تتفاعل بشكل غير قابل للاستعادة مع المياه؛ لتشكل عناصر قائمة على اليورانيل، عوضًا عن المشاركة بتفاعلات أكسدة/اختزال قابلة للاستعادة، والملازمة لاستعادة العوامل الحفازة. وقد تم عرض الدورة الحفزية بإشراك مجموعة متشابكة طرفية من الـ$U_{(IV)}$-OH. وقد تكون إمكانية تطوير عوامل حفازة قائمة على اليورانيوم ذات صلة باستراتيجيات إدارة النفايات النووية، حيث يمكن لليورانيوم المعتدل والمنضب الناتج كنفايات بواسطة صناعة الطاقة النووية أن يكون مصدرًا ذا قيمة.

Uranium -mediated electrocatalytic dihydrogen production from water

D Halter *et al*

doi: 10.1038/nature16530

السابق للغزو

مبكرًا

مبكرًا

الصدري | النقي/ نخاع العظم | المشيمية الضفيرة للبطين الرابع

الشكل أعلاه | خلايا T_{MBP} تدخل السائل الدماغي الشوكي CSF من السحايا الرقيقة. التصوير الحيوي الداخلي لإدخال خلية T_{MBP} في السحايا الرقيقة والمشيمة الضفيرة (CP) من البطين الرابع. وقد أُجريت تسجيلات مجهرية المسح بواسطة أشعة الليزر ثنائي الفوتون الحيوي الداخلي (TPLSM) خلال وقت سابق للغزو، في وقت مبكر، والمراحل المؤسِّسة من ارتشاح الخلية التائية للسحايا الرقيقة بالتتابع في الحبل الشوكي الصدري، والنخاع والضفيرة المشيمة (CP) من البطين الرابع في الحيوان نفسه. تسجيلات تمثيلية من 16 تجربة مستقلة. الأزرق، خلايا T_{MBP} معلَّمة بالـLifeact الفيروزي 2؛ الأحمر، والتجويف الوعائي، والبلاعم السحائية؛ والأسهم الصفراء والبيضاء، والخلايا داخل الأوعية الدموية، والخلايا التسريبة على التوالي.

أحياء جزيئية

تبادُل الخلايا التائيَّة بين الدم والدماغ

حقَّق ألكسندر فلوجيل وزملاؤه في الآليات التي يتم بها تمرير الخلايا التائية ذاتية التفاعل المستحثة للالتهاب من الدم المحيطي إلى الدماغ، وذلك أثناء النقل المتبنَّى في التهاب الدماغ، والنخاع المناعي الذاتي التجريبي "EAE" في الفئران، وهو نموذج لمرض التصلُّب المتعدد. وأظهروا أن الخلايا التائية دخلت السائل الدماغي النخاعي "CSF" من حيِّز السحايا الرقيقة، بدلًا من الضفيرة المشيمية، التي كانت قد اقتُرِحَت كمصدر. وقد حافظت الخلايا التائية الممرَّرة على كل استجابة مستضدها، والقدرة على الإمراض، مما يشير إلى أن توصيف الخلايا التائية سهلة الوصول في السائل الدماغي النخاعي قد يكون ذا صلة بخصائص ووظيفة الخلايا التائية المُمْرِضَة في حالة مرض التصلُّب المتعدد.

Effector T-cell trafficking between the leptomeninges and the cerebrospinal fluid

C Schläger *et al*

doi: 10.1038/nature16939

فلك

تفسير ظاهرة الكويكبات المفقودة

تتنبأ غالبية نماذج توزيع الكويكبات شبه الأرضية بمدارات الكويكبات القريبة من الشمس. ورغم ذلك.. فحشود الكويكبات المرصودة بالقرب من الشمس أقل بكثير مما تم التنبؤ به، وتُظهِر انحيازًا غير متوقع فيما يخص أشعة الشمس المنعكسة. يستعرض ميخائيل جرانفيك وزملاؤه مقارنة كمية للكشوف الكويكبية، ونموذجًا شبه أرضي للتفاعلات. وقد خلصوا إلى أن قلة عدد الأجسام منخفضة القدرة على عكس أشعة الشمس تنشأ عن الاضطراب الكارثي الفائق لجزء كبير من الكويكبات، عندما تبلغ أقرب مسافة من الشمس. وعلى الرغم من أن كلًّا من الكويكبات القادرة على عكس أشعة الشمس والمظلمة تتعطل في نهاية المطاف، فإن هناك تفضيلًا للقضاء على الكويكبات منخفضة القدرة الأبعد عن الشمس، وهو ما يفسر الفائض الواضح للأجسام شبه الأرضية مرتفعة القدرة على عكس الأشعة، مما يشير إلى أن الكويكبات منخفضة القدرة تكسر بسهولة أكبر، نتيجة للتأثيرات الحرارية.

Super -catastrophic disruption of asteroids at small perihelion distances

M Granvik *et al*

doi: 10.1038/nature16934

علوم بحار

جينوم العشبة البحرية *Zostera marina*

تنتشر العشبة البحرية *Z. marina* على نطاق واسع في جميع أنحاء نصف الكرة الأرضية الشمالي. ولهذا السبب.. تكمن أهميتها الكبيرة من الناحية البيئية، لكن كما هو الحال مع الحشائش البحرية الأخرى، فإن موائلها الساحلية تُعتبر من بين أكثر النظم البيئية المهدَّدة في العالم. وقد أوردت جانين أولسن وزملاؤها فك تتابُع جينوم العشبة *Zostera* بالكامل، وقد نتج عن تحليلها أن اطلع الباحثون على لمحات من التغيرات التطورية المرتبطة بالمسار التطوري العكسي، المتمثل في "العودة إلى البحر"، الذي حدث في نسب كاسيات البذور، بما في ذلك فقدان ذخيرة كاملة من جينات الثغور، ووجود سكريات الجدار الخلوي المُكَبْرَت، التي تشبه تلك الموجودة في الطحالب الكبيرة منها عن النباتات.

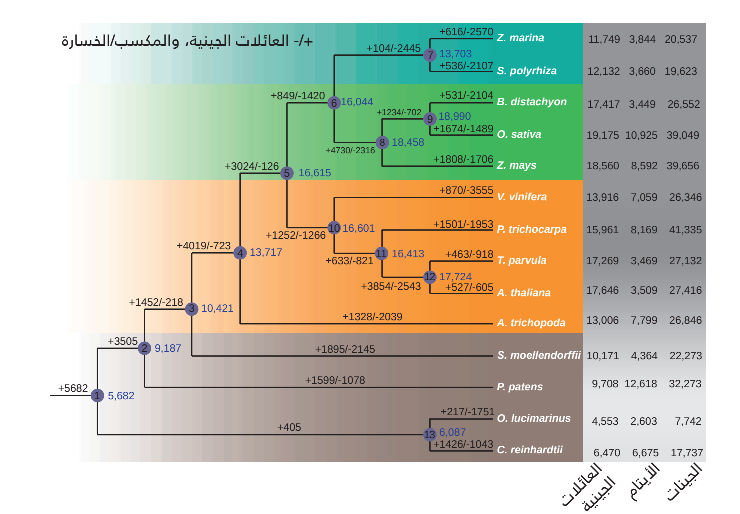
The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea

J Olsen *et al*

doi: 10.1038/nature16548

الشكل أسفله | تظهر عشبة *Zostera marina* وشجرة التطور التوسع في العائلة الجينية/ وتحليل التقلص مقارنة بـ13 ممثلًا للنباتات الخضراء. يشار إلى المكاسب والخسائر على طول الفروع والعقد. تتم الإشارة إلى عدد العائلات الجينية، والأيتام (عائلات الجينات وحيدة النسخة) وعدد الجينات المتوقعة بجوار كل نوع. ألوان الخلفية (من أعلى

إلى أسفل) هي مزماريات Alismatales، وغيرها من ذوات الفلقة، وذوات الفلقتين، والنباتات الحزازية /الطحالب.



أحياء خلوية

تأشير بروتينات Wnt في الأمعاء

يُعتبر مسار تأشير Wnt هو الوسيط الرئيس للبيئة الملائمة للخلية الجذعية المعوية، والمنخرط في الحفاظ على بِنَى الخبيئة المعوية في البطانة الظهارية من الأمعاء الدقيقة في الفئران. وعلى الرغم من أن Wnt3 يُفْرَز بواسطة خلايا "بانيت"؛ للعمل على الخلايا الجذعية المعوية، لم يكن من الممكن من قَبْل تتبُّع مصيرها في الجسم الحي، ولذلك.. فليس من الواضح ما إذا كان انتشارها منخرطًا في مجموعة التدرج بواسطة الانتشار، أم لا. وقد وَلَّد هينر فارين وزملاؤه أَلِيْلًا موسومًا من Wnt3؛ ووجدوا أنه يقيد إلى الغشاء الجانبي القاعدي للخلايا الجذعية المعوية في نظام قائم على عُضَيّ، ويتم نشره من خلال تقسيم غشاء الخلية، من خلال انقسام الخلايا، وليس من خلال الانتشار.

Visualization of a short-range Wnt gradient in the intestinal stem-cell niche

H Farin *et al*

doi: 10.1038/nature16937

الهوية الجنسية للخلايا الجذعية

من المعروف إسهام العوامل الهرمونية في تطور الاختلافات بين الجنسين في علم وظائف الأعضاء. فقد وصفت ميجيل ألياجا وزملاؤها مسار تمايز جنسي غير معروف من قبل، يعمل في الخلايا الجذعية الجسدية في أمعاء ذبابة الفاكهة؛ ليحكم الاختلافات المرتبطة بالجنس في حجم العضو، واللدونة خلال التكاثر، والاستجابة للإيذاء المكوِّن للأورام. وتشير هذه النتيجة إلى أن الهوية الجنسية الذاتية للخلايا الجذعية المعوية للبالغين يمكن أن تلعب دورًا رئيسًا في حياة البالغين، سواء في الحفاظ على حجم العضو، أم في تحوير لُدُونَته.

The sexual identity of adult intestinal stem cells controls organ size and plasticity

B Hudry *et al*

doi: 10.1038/nature16953

فيزياء

دالة مرونة موحَّدة بالشبكات المعقدة

يمكن لفشل العقد بشبكة معقدة، مثل محطات الكهرباء ـ التي تكون مطفأة، على سبيل المثال ـ أن يؤدي إلى انهيار النظام بأكمله. ويُطلق على قدرة الشبكة ككل على التكيف ـ بحيث تظل قادرة على أداء وظيفتها، بغض النظر عن الأخطاء ـ مصطلح المرونة. وفي حين أنه للوهلة الأولى تبدو النقاط التي تفقد فيها الشبكات المختلفة مرونتها قليلة في العموم، يبرهن جينيزي جاو وزملاؤه على أن المرونة في الحقيقة تمتلك سمات عالمية ضمنية. فقد طوَّروا دالة مرونة عالمية تعتمد على ديناميات المنظومة وطوبولوجيّتها، وبرهنوا على أن هذا الإطار التحليلي يصف بسهولة الشبكات البيئية، ومحطات الطاقة، وشبكات الجينات التنظيمية. وقد يسهم هذا الإطار في فهْم سرعة تأثر العديد من الأنظمة الطبيعية والصناعية.

Universal resilience patterns in complex networks

J Gao *et al*

doi: 10.1038/nature16948

علم المناخ

الأنهار الجليدية، وثبات الغطاء الجليدي

هل ستدخل الأنهار الجليدية الشاسعة التي تقوم باستنزاف غطاء جرينلاند والقطب الشمالي الجليديين بتسارع خاطف في حال المناخ الاحتراري؟ إذا كان الأمر كذلك، فيمكن أن ينشأ سيناريو الحالة الأسوأ لارتفاع سريع لمستوى سطح البحر. فقد قام كريس ستوكس وزملاؤه بتجميع الأدلّة المتاحة من تراجع غطاء لورينتيد الجليدي، الذي حدث فيما بين 22,000، و7,000 سنة مضت، وبرهنوا على أن عدد الأنهار الجليدية وتصريفها الكلي خلال الذوبان الجليدي قد تناقص. ويشير هذا إلى أن فعالية التيار الجليدي قد تناقصت مع حجم الغطاء الجليدي في حد ذاته، وأن الأنهار الجليدية لا تسهم في إزالة الغطاء الجليدي الهارب، كما أُشير إلى ذلك من قبل. مع ذلك.. فإن النتائج محددة لانحسار غطاء لورينتيد الجليدي، وليست بالضرورة قابلة للتطبيق بطريقة مباشرة على الوضع الحديث.

Ice stream activity scaled to ice sheet volume during Laurentide Ice Sheet deglaciation

C Stokes *et al*

doi: 10.1038/nature16947



غلاف عدد 25 فبراير 2016

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 25 فبراير من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم المناخ

الانحدار الكربوني المحيطي عبر الزمن

استحوذت محيطات العالم على كميات هائلة من الكربون المنتَج بواسطة احتراق الوقود الحفري أثناء الحقبة الصناعية. واستفاد الباحثون من طاقم نموذج مناخي مفرد ضخم للمنظومة الأرضية، وهو الطاقم الضخم لنموذج مجتمع المنظومة الأرضية "CESM-LE"، وذلك لتقييم التنوع والتغير في دورة الكربون المحيطي بالعقود الأخيرة، حتى عام 2100. ويسمو هذا النهج بالفصل بين الاتجاهات بالفيض الكربوني

للهواء-البحر الناتج عن التغير المناخي الناتج عن النشاط البشري، الناتج عن التنوع المناخي الداخلي. وتكشف هذه الدراسة عن احتمال انحدار مستوى الكربون المحيطي خلال هذا القرن بمناطق محيطية مختلفة. وتشير الاكتشافات إلى أن هناك تنوعًا مناخيًّا داخليًّا ضخمًا، يجعل من غير المحتمل رصد تغيرات معدل امتصاص الكربوني الناتج عن النشاط البشري بطريقة مباشرة في معظم المناطق المحيطة في الوقت الحاضر، ولكن قد يكون ممكنًا فيما بين عامي 2020، و2050 في بعض المناطق.

Timescales for detection of trends in the ocean carbon sink

G McKinley *et al*

doi: 10.1038/nature16958

تطور

تبادُل وراثي مبكِّر في اتجاهين

حلَّل سيرجي كاستيلانو وزملاؤه بيانات جينومية من إنسان النياندرتال، وإنسان دينيسوفان الحديث في جبال التاي في سيبيريا، ومن إنسان النياندرتال المنتمي إلى إسبانيا، وكرواتيا. واستطاع الباحثون من خلال استخدام النموذج الإحصائي "بايزي" في الاستدلال عن النماذج الديموغرافية ـ وهي الطريقة المعروفة باسم "أخذ العينات المتطابق الفيلوجيني المعمّم" G-PhoCS ـ الحصول على تقديرات كمية أولية للتبادل الوراثي الذي وقع بين الإنسان الحديث والقديم، وقدَّموا دليلًا على وقوع تدفق جيني من العشائر البشرية الحديثة لأسلاف النياندرتال من جبال "ألتاي" قبل أكثر من مئة ألف سنة، وفي الاتجاه المعاكس من النياندرتال إلى الإنسان الحديث.

Ancient gene flow from early modern humans into Eastern Neanderthals

M Kuhlwilm *et al*

doi: 10.1038/nature16544

كيمياء حيوية

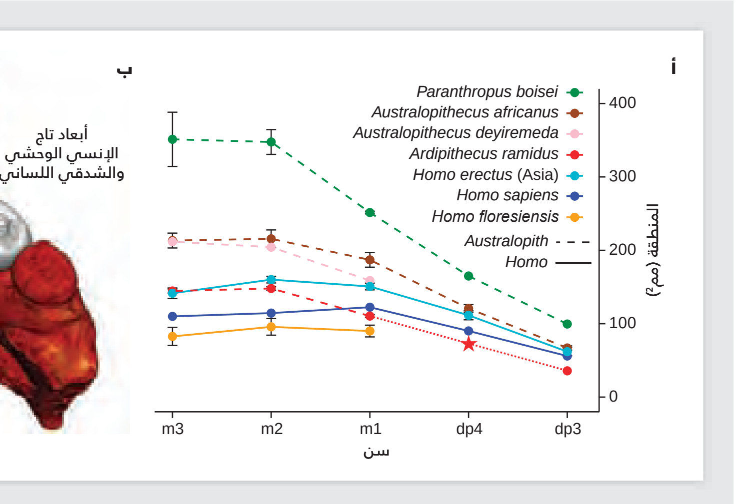
آلية تنشيط إنزيمات MLL

تلعب ميثيلات هيستون(H3K4) Lys4 3 لبروتينات عائلة MLL المحتوية على مجال SET أدوارًا رئيسة في التنظيم النسخي. ولا توجد بروتينات MLL في شكل نشط، لكنها تنشط فقط بوُجودها في شكل مركّب مع أيّ من: WDR5، أو RbBP5، أو Ash2L. وقد حدَّد يونج تشن وزملاؤه البِنَى البلورية لمجالات SET من MLL3، وMLL1 الطافر في أشكال غير مقيّدة أو مركّبة مع مجالات من RbBP5، وAsh2L، وركيزة هيستون H3. وتشير نتائجهم إلى أن عامل Wdr5 لا ينخرط مباشرة في تحفيز الإنزيمات، ويكشف مزيجٌ من التحليلات البنيوية، والكيميائية الحيوية، والحاسوبية عن آلية تنشيط من خطوتين، قد تكون ذات صلة بجميع إنزيمات هيستون الناقلة للميثيل.

Structural basis for activity regulation of MLL family methyltransferases

Y Li *et al*

doi: 10.1038/nature16952



تطور

تطوُّر حجم أسنان أشباه البشر

تم التعرف على اختزال شامل في حجم الأسنان، كَسِمَة من سمات التطور البشري منذ حوالي 80 عامًا. وقد قُدِّمت تفسيرات مختلفة لذلك، بما فيها تغيير النظام الغذائي، واكتساب القدرة على الطبخ، لكن لا يزال الأساس التطوري الكامن وراء هذه الصفة غير معروف. فحص أليستر إيفانز وزملاؤه حجم أسنان أشباه البشر الأحفورية والقردة العليا في عَيِّنة تمتد إلى السبعة ملايين سنة الأخيرة؛ ووجدوا أن آلية التنشيط والتثبيط التي تتحكم في حجم الأسنان النسبي في الثدييات تنتِج نمطًا افتراضيًّا لجميع أحجام الأسنان الخلفية للناب. وباستخدام هذا النموذج، أثبت الباحثون وجود ارتباط وثيق بين نِسَب الأسنان، والحجم المطلق في أشباه البشر، حيث إن حجم إحدى الأسنان يُمَكِّن من التنبؤ بحجم الأسنان الأساسية المتبقية في الصف.

A simple rule governs the evolution and development of hominin tooth size

A Evans *et al*

doi: 10.1038/nature16972

الشكل أعلاه | يُظهِر جميع أشباه البشر نمطًا مثبطًا للتسلسل الثلاثي dp3-dp4-m1، ولكن يُظهِر نوع *Homo* انخفاضًا أكبر في حجم الأضراس الخلفية. أ، (طول الإنسيّ الوحشي × عرض الشدق اللساني) لكل سن أوَّلي تحت الناب السفلي لسبعة من 15 نوعًا من أشباه البشر. وتتنبأ السلسلة المثبطة بعلاقة خطية لأحجام ثلاث من الأسنان المجاورة، كما شوهد للثلاثي dp3–dp4–m1 والثلاثي dp4–m1–m2 لنوع *P. boisei*. يظهر الخط المنقط الأحمر علاقة خطية متوقعة للثلاثي dp3–dp4– m1 من *Ar. Ramidus*؛ وتظهر النجمة الحمراء حجم dp4 غير المكتشف (73 مم2). المتوسط ± الخطأ المعياري للمتوسط s.e.m. لتجمعات سكانية من *H. sapiens* (الأزرق الداكن)، ولأفراد من أنواع أشباه البشر الأحفورية. **ب،** قياسات لمنطقة الأسنان المستخدمة في هذه الدراسة الموضحة على (1-ب) *H. erectus* *Sangiran*: طول الإنسي الوحشي × عرض الشدق اللساني (المقياس الرئيس المستخدَم في التحاليل)، مشهد ثلاثي الأبعاد لمنطقة تقاطع المينا-عاج الأسنان، ومشهد ثنائي الأبعاد لمنطقة التاج، ولمنطقة العنق.

أحياء جزيئية

قياسات طيفية على مستوى أيونات جزيئية

قد تكون القياسات الدقيقة بالجزيئات مفيدة للغاية كبِنَى جزيئية أكثر ثراء من تلك الخاصة بالذرات، من شأنها تحقيق تحولات مثيرة للاهتمام في مجال الفيزياء الأساسية. ومع ذلك.. من العسير التحكم في الجزيئات باستخدام أدوات التقنيات المتطورة، التي تم تطويرها إلى ذرات، لأن الجزيئات لا تقدِّم تحولات تدوير مناسبة للتبريد الليزري، وإعداد الطور الداخلي والضبط. وقد اكتشف بيت شميت وزملاؤه سبيلًا لتجنُّب تلك الصعوبات بحصر مشترك لأيونين.. ذَرِّي، وجزيئي، حيث تَمَكَّن الباحثون ـ باقتران الأيون الجزيئي بالأيون الذري ـ من قياس التحولات الجزيئية لدرجة مرتفعة للغاية من الدقة، دون تدمير الطور الذي يوجد به الأيون الجزيئي. وتتيح هذه الطريقة إمكانات جديدة لاستخدام الأيونات الجزيئية بالساعات البصرية الدقيقة، وقد تسمح بمستوى مرتفع من السيطرة بالتفاعلات الكيميائية فائقة البرودة، تشمل جزيئات وذرات مفردة.

Non -destructive state detection for quantum logic spectroscopy of molecular ions

F Wolf *et al*

doi: 10.1038/nature16513

وراثة

نمط جديد لتعديل الحمض النووي

تمت دراسة طريقة تعديل الحمض النووي الريبي عن طريق إضافة مجموعة ميثيل لقاعدة الأدينوزين عند النهاية 6 (m^6A)؛ لفحص مكثف، منذ أن تم التعرف عليها كظاهرة منتشرة عبر الترانسكريبتوم. وفي دراسة جديدة أجراها تشوان هِي وزملاؤه، تمت الإشارة إلى أهمية نوع مختلف من تعديل الحمض النووي الريبي، هو (m^1A) على مستوى الترانسكريبتوم. وبرغم الطبيعة الديناميكية للتعديل، وجدوا أنه يتراكم في المناطق المنظمة المحيطة بكل من مواقع بدء الترجمة المعيارية والبديلة، ويرتبط وجودها بتعبير البروتين العالي.

The dynamic N^1 – methyladenosine methylome in eukaryotic messenger RNA

D Dominissini *et al*

doi: 10.1038/nature16998

علم الأورام

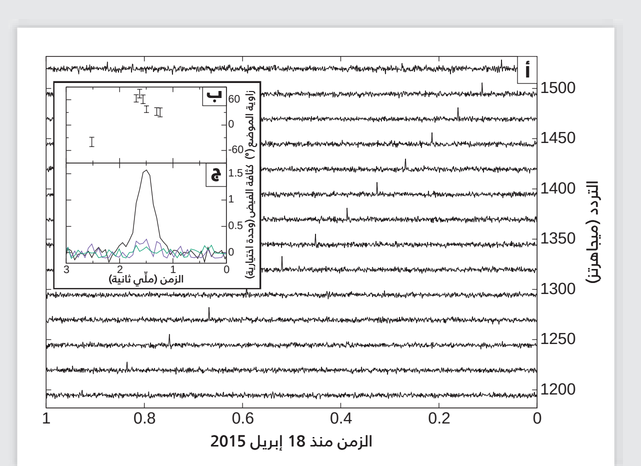
مَنْع الأحماض الأمينية مضاد للورم

قد تحتاج الأورام إلى بعض الأحماض الأمينية، من أجل انتشارها. ولتحديد مثل هذه الأحماض الأمينية التقييدية، طَوَّر روفين عجمي وزملاؤه طريقة معتمِدة على التنميط الريبوسومي، تُسمى "ديريكور" *diricore*، لتقييم مدى توافر بعض الأحماض الأمينية المحددة لتخليق البروتين. وباستخدام هذه الطريقة في أنسجة سرطان الكلي، لاحظ الباحثون وجود علاقة بين نقص البرولين، وزيادة تنظيم إنزيم PYRC1، وهو إنزيم مطلوب لتخليق البرولين. كما كشف تطبيق "ديريكور" على خلايا سرطان الثدي أيضًا عن نقص البرولين. وفي ظروف تحدّ من النمو، كان PRC1 مطلوبًا للحفاظ على نمو مكون الأورام. وتوضح هذه النتائج نهجًا لتحديد نقاط الضعف الحرجة للأحماض الأمينية الأساسية، التي يمكن استخدامها لاستهداف المسارات الأيضية الأساسية علاجيًّا.

Tumour -specific proline vulnerability uncovered by differential ribosome codon reading

F Loayza-Puch *et al*

doi: 10.1038/nature16982



فلك

واقعة انـدلاع راديـوي سـريـع

تَعرِض هذه الورقة البحثية اكتشاف اندلاع راديوي سريع FRB 150418 عن طريق تليسكوب راديو باركيس. وكشفت دراسة تتبُّع التليسكوب متعدد الطول الموجي عن عابر راديوي بعد ساعتين من الاندلاع الابتدائي، استمر لحوالي ستة أيام، قبل أن ينخفض إلى مستوى هادئ. يفسر الباحثون هذا المصدر المتضائل كشفق للاندلاع الراديوي السريع. ويُعتبر الاندلاع الراديوي السريع كنبضات راديوية عابرة تدوم لعدد قليل من الملِّي ثانية، ولم يكن في السابق من الممكن توطين مثل هذا الاندلاع، وتحديد الحيود الأحمر. وقد تم تحديد مصدر الاندلاع الراديوي السريع FRB 150418 كمجرّة إهليلجية ذات حيود أحمر 0.492.

The host galaxy of a fast radio burst

E Keane *et al*

doi: 10.1038/nature17140

الشكل أعلاه | إشارة راديو الاندلاع الراديوي السريع FRB 150418. أ، مخطط شلالي لإشارة الاندلاع الراديوي السريع مع 15 ترددًا للحِزَم الثانوية عبر عرض النطاق الرصدي الخاص بباركيس، يبين النطاق الترددي-الزمني التربيعي المميز. تم اختزال دقة الفصل الزمني بمعامل 14 من قيمة الصف 64 ميكروثانية، وذلك لرفع نسبة الإشارة إلى الضجيج. **ب،** المنظور الجانبي للنبضة الخاصة بإشارة الاندلاع الراديوي السريع مع الشدة الكلية، وتم عرض كثافات فيض الاستقطاب الخطي والدائري كخطوط سوداء وأرجوانية وخضراء على التوالي. **ج،** تم عرض زاوية الموضع الاستقطابي مع أشرطة خطأ، مقدارها 1σ، لكل عينة زمنية من 64 ميكروثانية، حيث يكون الاستقطاب الخطي أكبر من ضعف انعدام اليقين الخاص بالاستقطاب الخطي.

كيمياء

أكسدة المياه المحفَّزة بالحديد

يتم تحفيز أكسدة المياه بطريقة فعالة بواسطة مركّب الأكسجين المتطور بالمنظومة الضوئية الثانية، وهو أول مركب بروتيني بمسار البناء الضوئي النباتي، ولكن تظل تلك الخطوة عقبة رئيسة في إنتاج الوقود الكيميائي التوليفي المدعوم بضوء الشمس، أو الكهرباء، وهو ما أدَّى إلى تركيز الجهود على تصميم عامل محفِّز لأكسدة المياه. يستعرض ماسايا أوكامورا وزملاؤه مركَّبًا يحتوي على خمس ذرات حديد، يمكن أن يتفاعل كعامل محفز لأكسدة المياه بشكل عالي الكفاءة. وترجع كفاءة المركّب إلى توفُّر خاصِّيَّتين في تصميمه، هما: وجود مرونة الاختزال؛ للتمكين من تراكم الشحنة والنقل الإلكتروني، ووجود مواقع فعالة متجاورة، تُمَكِّن من تشكيل رابطة O-O بين الجزيئية. وتكمن أهمية وجود عنصر الحديد في التصميم باعتباره المعدن الانتقالي الأكثر وفرة في القشرة الأرضية، ولذلك.. فهو رخيص ومتوفر بسهولة. وقد ينتج عن تطوير وتطبيق هذه الاستراتيجية الحصول على عوامل حفّازة فعّالة لأكسدة المياه على المستوى التطبيقي.

A pentanuclear iron catalyst designed for water oxidation

M Okamura *et al*

doi: 10.1038/nature16529

أحياء خلوية

تطويع الخلايا التائيَّة؛ لإضعاف المناعة

أظهر بيري سانتاماريا وزملاؤه أن استخدام جسيمات نانوية مغلفة بمركّبات لها علاقة بأمراض المناعة الذاتية ومتوافقة نسيجيًّا بشكل أساسي مع ببتيدات الخلية "pMHC" يقمع أمراض المناعة الذاتية في نماذج الفئران، عن طريق استحثاث الخلايا التائية التنظيمية من نوع Tr1. وتدعم هذه النتائج فكرة إمكانية استخدام مركّب pMHC في حالة أمراض المناعة الذاتية؛ لقَمْع الاستجابات المعقدة.

Expanding antigen -specific regulatory networks to treat autoimmunity

X Clemente-Casares *et al*

doi: 10.1038/nature16962

بِنْيَة مركّب تسلسلي مقيد بالحمض النووي

في نظام "كريسبر" لمراقبة المناعة البكتيرية، الذي يُستخدم على نطاق واسع حاليًّا لتحرير الجينوم، يتفاعل مركّب تسلسلي مقيد بكريسبر الحمض النووي الريبي "crRNA" مع حمض نووي مزدوج الجديلة، يمكنه أن يخضع لازدواج قواعد مكمل. ويقيد كريسبر الحمض النووي الريبي crRNA الجديلة المستهدفة لتشكيل بِنْيَة حلقة R. ويُعَدّ الموتيف ثلاثي النوكليوتيد بالقرب من التتابع المستهدَف هو المسؤول عن التمييز غير الذاتي. وقد حَلَّ أيلونج كيه وزملاؤه بِنْيَة التسلسل المقيد للحمض النووي الأجنبي المستهدَف. وتكشف هذه البِنْيَة أساس خصوصية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

PAM المسترخي التسلسلي، الناتجة عن تفاعله مع الأخدود الثانوي، وتبين كيف يفرض وَتَدٌ في التسلسل ازدواجَ القواعد للجديلة المستهدفة مع crRNA، وفي الوقت نفسه يثبت الجديلة المزاحة غير المستهدفة.

Structural basis f o r promiscuous PAM recognition in type I–E Cascade from *E. coli*

R Hayes *et al*

doi: 10.1038/nature16995

توَجُّه الخلايا في الأنسجة النامية

إن توجيه انقسام الخلايا يُعَدّ أمرًا مهمًّا؛ للسيطرة على عملية تطور الأنسجة والتوازن، ويحدد هذا الأمر في الخلايا غير المنقسمة في الطور البيني محور طويل، لكنْ عند دخول الخلايا مرحلة الانقسام الميتوزي، فإنها تفقد هذا المحور، لأنها محاصَرة؛ لضمان فصل كروموسومي طبق الأصل، فكيف تتذكر الخلايا المنقسمة تَوَجُّه انقسامها؟ على المستوى الخلوي، يُعتقد أن الاتجاه الافتراضي ينظمه شكل الخلية الميتوزية. وقد حدد يوهانس بيليشة وزملاؤه ما يحدث على مستوى الأنسجة، حيث وجدوا أنه كلما تجتمع الخلايا الظهارية لذبابة الفاكهة خلال الانقسام الميتوزي، تتصرف تقاطعات ثلاثية الخلايا كمعالم مكانية، ترمز المعلومات حول اتجاهية شكل الخلية في الطور البيني. ويقدم الباحثون رؤاهم الجزيئية لهذه العملية، كما يبيِّنون أن التقاطعات ثلاثية الخلايا تعزِّز الهندسة والاستشعار الميكانيكي في الأنسجة الظهارية.

Epithelial tricellular junctions act as interphase cell shape sensors to orient mitosis

F Bosveld *et al*

doi: 10.1038/nature16970

علم الأعصاب

علامات تشبه مرض التوحُّد

تم ربط حدوث طفرات في الجين *Shank3* بالإصابة بمرض التوحُّد، بينما أظهرت الفئران التي تفتقر إلى هذا الجين أعراض مرض التوحد، بما في ذلك العجز الاجتماعي، والقلق، والسلوكيات المتكررة، فضلًا عن عيوب في نقاط الاشتباك العصبي المخطط. وقد أظهر جيوبينج فنج وزملاؤه مؤخرًا أن إعادة التعبير عن جين *Shank3* في نموذج الفئران عَكَسَ التغييرات المشبكية، كما أدى إلى زيادة كثافة العمود الفقري، وأنقذ انتقاء التفاعل الاجتماعي، والاستمالة السلوكية ـ وهما اثنتان من السمات الأساسية للتوحُّد ـ بينما أمكن القضاء على الشعور بالقلق ووجود العاهات الحركية بواسطة إعادة التعبير عن جين *Shank3* أثناء مراحل النمو. وتبيِّن هذه النتائج أن التعبير عن جين *Shank3* يمكن أن يؤثر على وظائف ما بعد النمو العصبية، وهو ما يشير إلى أنه يمكن عكس بعض جوانب اضطراب طيف التوحد في مرحلة البلوغ.

Adult restoration of *Shank3* expression rescues selective autistic-like phenotypes

Y Mei *et al*

doi: 10.1038/nature16971

فيزياء

التوصيل الفائق لضوء مستحث

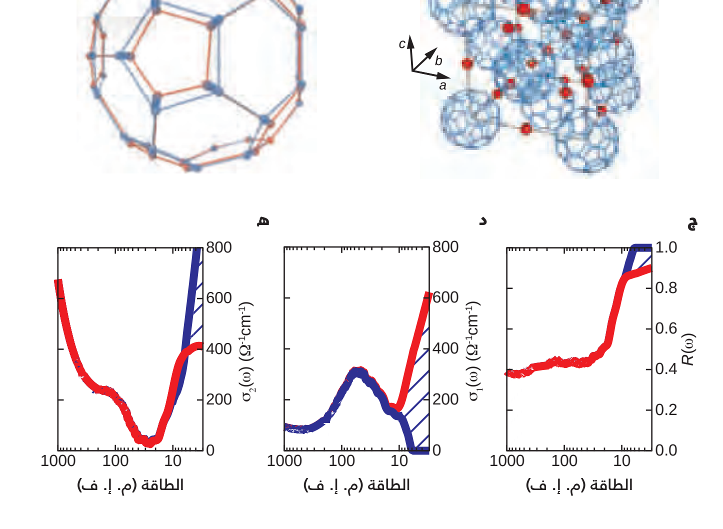
يُعَدّ استخدام الضوء للسيطرة على خواص المواد المتكثفة منطقة واعدة للبحث، مع إمكان أن يؤدي هذا إلى تطوير الأجهزة الكمية القائمة على الضوء. وتمت مؤخرًا البرهنة على أن الاستثارة غير الخطية لفونونات محددة بأكسيدات النحاس ثنائية الطبقات تستحث خصالًا بصرية شبه فائقة التوصيل عند درجات حرارة أعلى بكثير من درجة الحرارة الانتقالية للمواد فائقة التوصيل (T_c). ويصاحب هذا التأثير اضطراب ارتباطات الموجة-الكثافة-الشحنة المتنافسة، مما يفسر بعض النتائج التجريبية، وليس كلها. ويوضح آندريا كافاليري وزملاؤه أنه باستثارة K_3C_{60} المعدني بواسطة نبضات بصرية متوسطة تحت حمراء، يمكن حث ارتفاع ضخم في حركة الناقل، وذلك بالاقتران مع فتح فجوة بالتوصيل البصري. وعلى نحو لافت للنظر.. لوحظ رصد تلك التوقيعات نفسها عند الاتزان حين تم تبريد K_3C_{60} إلى ما دون درجة الحرارة الحرجة الخاصة به، التي تبلغ 20 كلفنًا.

P ossible light-induced superconductivity in K_3C_{60} at high temperature

M Mitrano *et al*

doi: 10.1038/nature16522

الشكل أسفله | البِنْيَة، وخواص الاتزان البصرية الخاصة بمركّب K_3C_{60}. أ، وحدة خلوية مكعبة مركزية الوجوه (f.c.c.) لمركّب K_3C_{60}. تصل الروابط الزرقاء بين ذرات الكربون بكل جزيء C_{60}. تم تمثيل ذرات K ككرات حمراء. **ب**، التشوه الجزيئي لـC_{60} (الأحمر) عبر إحداثيات النمط الاهتزازي $T_{1u}(4)$. تم عرض البنية الاتزانية بالأزرق. **ج-هـ**، انعكاسية الاتزان عند الواجهة البينية لعينة الماس $R(\omega)$ (**ج**) والتوصيل البصري للمركب (**د**، حقيقي، $\sigma_1(\omega)$؛ **هـ**، تخيلي، $\sigma_2(\omega)$) لمركب K_3C_{60} الذي تم قياسه عند درجة حرارة 25 كلفن (الأحمر)، ودرجة حرارة 10 كلفن (الأزرق). تسلط المناطقُ المظللة الضوءَ على التغيرات عبر الانتقال فائق التوصيل.



علم الفطريات

جزيء iKIX1 يثبط المقاومة

أوردت جُوي نيشيكاوا وزملاؤها تحديد وتوصيف مثبط جزيء صغير من تفاعل البروتين-البروتين بين عامل النسخ Pdr1، والوحدة الفرعية Med15 للوسيط في العامل المسبِّب للأمراض الفطرية *Candida glabrata*. يثبط المركّب الرئيس، iKIX1، التنشيط الجيني بواسطة Pdr1، ويعيد الإثارة الحفزية، ومقاومة العقاقير لفطر *C. glabrata* إلى مضاد الفطريات "آزول" في المختبر، وفي نماذج حيوانية من التهاب المسالك البولية المنتشر.

Inhibiting fungal multidrug resistance by disrupting an activator–Mediator interaction

J Nishikawa *et al*

doi: 10.1038/nature16963

علم الاجتماع

منفذو العقوبات جديرون بالثقة

تبدو المجتمعات البشرية فريدة من نوعها، حيث قد يتعاقب الأفراد في مخالفة القواعد الاجتماعية، حتى لو لم يؤذِ المخالِف مَن يعاقبه. ويَستعرِض الباحثون نموذجًا يبيِّن أن "عقابًا من طرف ثالث" يمكن أن يكون إشارة صادقة للجدارة بالثقة، حيث ينظر إلى هؤلاء الذي يتكبدون كلفة معاقبة المخطئين كجديرين بالثقة من قِبَل المجتمع، ويتصرفون بطريقة أكثر جدارة بالثقة، ولكن هناك نقطة ضعف، إذ تصبح هذه الإشارة ضعيفة عند تقديم نهج إشارة أكثر إمدادًا بالمعلومات، حيث إنه حين يمتلك المعاقِبون المحتمَلون الفرصة للمشاركة بمساعدة مكلفة، يقل احتمال قيامهم بالمعاقبة، ويتم التعامل مع العقاب باعتباره علامة ضعف ثقة. وفي كلتا الحالتين، يمكن الاستعاضة عن تكاليف العقاب بالسمعة الجيدة المكتَسَبَة على المدى الطويل، بوصفهم جديرين بالثقة.

Third-party punishment as a costly signal of trustworthiness

J Jordan *et al*

doi: 10.1038/nature16981

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



غلاف عدد 3 مارس 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 3 مارس من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأورام

جينومات سرطان البنكرياس

أورد شون جريموند وزملاؤه تحليلًا جينوميًّا متكاملًا من 456 ورمًا من الأورام الغُدِّيَّة السرطانية. واختاروا أربعة أنواع فرعية محددة بأنماطها في التعبير، وتوصيف شبكاتها النسخية، ويبدو أنها ترتبط بالخصائص الهيستوباثولوجية والتفاضلية في البقاء على قيد الحياة.

Genomic analyses identify molecular subtypes of pancreatic cancer

P Bailey *et al*

doi: 10.1038/nature16965

نوعان من جين *Kras* في أورام الرئة

تمتلك غالبية أورام الرئة قليلة التباين وسريعة النمو نُسَخًا زائدة من جين كراس *Kras* الطافر، ولكن ليس معروفًا ما إذا كانت هذه النسخة الطافرة تكسب تأثيرات خبيثة، أم استجابة للعلاج. تبيَّنت كارلا مارتينز وزملاؤها أن الخلايا الحاملة لجين *Kras* الطافر مع محتوى متنوِّع في عدد نسخ *Kras*^{G12D} متميزة ظاهريًّا. ويستحث كَسْب نسخة كراس *Kras* أثرًا أيضيًّا جديدًا للجلوكوز، وزيادة في خطورة الورم. وتؤدي إعادة التوصيل الأيضي المرتبط بها إلى إدارة أكسدة واختزال معزَّزة، تَنْتُج عنها تَبِعات أيضية فريدة، أظهر الباحثون أنها قد تكون مستهدَفة بشكل انتقائي. وهكذا، تشكِّل أورام الرئة لجين *Kras* الطافر فئتين من الأورام، لهما أنماط أيضية متميزة، حيث يمكن تشخيص هذه الأورام وإخضاعها للعلاج، استنادًا إلى محتواها الأليلي الطافر النسبي.

Mutant *Kras* copy number defines metabolic reprogramming and therapeutic susceptibilities

E Kerr *et al*

doi: 10.1038/nature16967

أحياء جزيئية

تحديد بِنَى BAM المعقدة

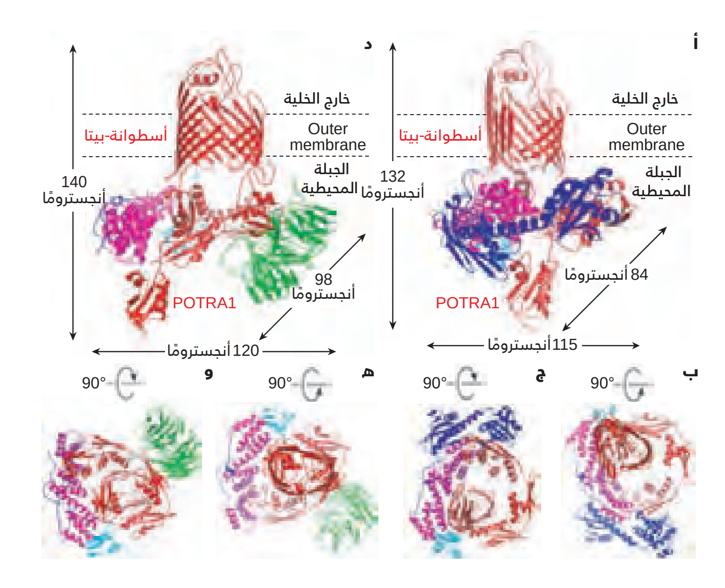
تُعتبر آليّة تجميع أسطوانة-بيتا في البكتيريا سالبة الجرام هي المسؤولة عن طيّ وإدخال البروتينات في الغشاء الخارجي. ومع ذلك.. فإنّ فهمنا لطريقة عملها ما زال قاصرًا. ويرجع ذلك أساسًا إلى نقص بِنْيَة الآلية بأكملها. وفي هذه الدراسة، أورد تشانج جيانج دونج وزملاؤه بِنْيَتين بلورتين لمركّب BAM لبكتيريا *Escherichia coli*، حيث شملت إحداهما جميع الوحدات الفرعية الخمس (BamA-E)، في حالتين متميزتين، متعلقتين بتكوين جزيئي. وإضافة إلى هاتين البِنْيَتين، تقترح الاختبارات الوظيفية ومحاكاة الديناميات الجزيئية نموذجًا لآلية إدراج بروتينات الغشاء الخارجي.

Structural basis of outer membrane protein insertion by the BAM complex

Y Gu *et al*

doi: 10.1038/nature17199

الشكل أسفله | بِنَى مركّبين موجودين في آلية تجميع أسطوانة-بيتا في بكتيريا *E. coli*. بِنْيَتان لمركّب BAM الخاص ببكتيريا *E. Coli*: BamABCDE وBamACDE. تم تضمين الأسطوانات ذات النهاية الكربوكسيلية للسلسلة عديدة الببتيد الخاصة بوحدة BamA (ملونة بالأحمر) في الغشاء الخارجي (OM)، في حين أن الجزء ذا النهاية الأمينية موجود في الجبلة المحيطية، لتشكل بِنْيَة دائرية جديدة بها بروتينات دهنية، هي BamB (أخضر)، وBamC (أزرق)، وBamD (أرجواني)، و BamE(سماوي). من **أ** إلى **ج**: تمثيل كرتوني لبِنْيَة مركب BamACDE، ينظر إليه من مستوى الغشاء (**أ**)، ومن خارج الخلية (**ب**)، ومن ناحية الجبلة المحيطية (**ج**). يتفاعل BamD مع وحدات POTRA رقم 1 و2 و5، لتشكيل بِنْيَة حلقية في الجبلة المحيطية، بينما يرتبط BamC بكل من BamD وPOTRA 1 و2 في BamA. وتنشئ BamE اتصالات مع كل من BamA وBamD. كما تم قياس أبعاد BamACDE عند النقاط الأوسع على الأسطح الخارجية للمركب. من **د** إلى **و**: تمثيل كرتوني لبنية مركب BamABCDE، ينظر إليها من مستوى الغشاء (**د**)، ومن خارج الخلية (**هـ**)، ومن ناحية الجبلة المحيطية (**و**). تتفاعل BamB مع POTRA 2 و3، بينما تنشئ حلقة النهاية الأمينية للسلسلة عديدة الببتيد الخاصة بوحدة BamC فقط اتصالات مع BamD. وتم قياس أبعاد BamABCDE مثلما ذكر في **أ**.



علم الأمراض

التأثيرات الأيضية للأنظمة الغذائية

ليس واضحًا كيف تعدِّل النظمُ الغذائية المستحثة للسمنة وظيفةَ أنسجة الخلايا الجذعية، وتؤدي إلى الإصابة بأمراض معينة، مثل السرطان. تبين هذه الدراسة أن اتباع نظام غذائي عالي الدهون يزيد من عدد الخلايا الجذعية المعوية في الثدييات في الجسم الحي، وفي العُضَيّات المعوية. وقد وجد الباحثون أن مسارًا منخرطًا في مستقبِل دلتا المنشط ـ من خلال المستقبِل (PPAR-δ) ـ يمنح القدرة على بدء تخليق الأورام في الخلايا غير الجذعية، ويبرهن على أن المسار يستحث الخلايا غير الجذعية لتشكيل الأورام في الجسم الحي، بعد فقدان الكابت للورم APC.

High-fat diet enhances stemness and tumorigenicity of intestinal progenitors

S Beyaz *et al*

doi: 10.1038/nature17173

أحياء مجهرية

بِنْيَة نظام الإفراز البكتيري السادس

نظام الإفراز البكتيري السادس "T6SS" هو آليّة جزيئية منقبضة نموذجية، تحقِن السموم المميتة مباشرة في الخلايا المستهدَفة، باستخدام أنبوب داخلي صلب ـ بهيكل ذيل ـ محاط بغمد منقبض، يخزن الطاقة الميكانيكية اللازمة لدفع الذيل. وقد كشفت الدراسات الحديثة عن بِنْيَة الغمد المنقبض T6SS، لكن الآليّة التي تتم بها السيطرة على نشاط بلمرة الغمد، والتنسيق مع تجميع الأنبوب الداخلي ما زالت غير مفهومة. فقد جمع إريك كاسكاليس وزملاؤه نتائج التصوير البلوري بالأشعة السينية، والمجهر الإلكتروني، ومجهرية التألق المتداخلة زمنيًّا؛ لإظهار أن بروتينًا ليست له وظيفة معروفة من قبل "TssA" يشكِّل مركَّبًا يتكون من 12 جزيئًا أحاديًّا، ويتفاعل مع مكونات الأنبوب والغمد، وينسق النشوء الحيوي لكل من أنبوب الذيل، والغمد.

Priming and polymerization of a bacterial contractile tail structure

A Zoued *et al*

doi: 10.1038/nature17182

فيزياء

أسطح مصنوعة للتجميع

تصف هذه الورقة البحثية هندسة الأسطح التي تستطيع النمو؛ ونقل قطرات المياه ضد كل من قوى الجاذبية، والتدرج الحراري. تجمع تلك الأسطح ثلاثة مكونات بنيوية، مستوحاة بيولوجيًّا من قدرات تكثيف المياه للمضخات لخنفساء صحراء ناميب، ونقل الاتجاه الموجَّه شعريًّا للقطرات

المجمَّعة من أشواك الصبار، وازدواج التكثيف، والحركة القُطْرية عبر مقدمة الطلاء السطحي الزلق من نبات الإبريق pitcher plants. ويؤدي النمو السريع للقطرة ـ وبالتالي النقل ـ إلى ظهور سريع ومطرد متصل لتقلُّب طور القطرة الثابت بشدة. وتُعَدّ تلك الهياكل مُبَشِّرة بتطبيقات جمْع المياه في المناطق الجافة، وكذلك بواسطة النقل الحراري، الذي ينطوي على أطوار متعددة.

Condensation on slippery asymmetric bumps

K Park *et al*

doi: 10.1038/nature16956

كيمياء

معدن الجورجيت النادر مسارٌ للعوامل الحفازة

يشكِّل النحاس والزنك مجموعة مهمة من معادن الكربونات الهيدروكسية المستخدَمة على نطاق واسع كسلائف للعوامل الحفازة الصناعية. ويتم الحصول على سلائف العوامل الحفازة عادةً عبر طريقة ترسيب مشترك، تقدِّم العامل الخافز السمومي Na^+، وتنطوي على تشكيلة عابرة من الجورجيت، وهو عضو غير مستقر بشدة، ولذلك.. فهو يتسم بالندرة، وغير معروف في تلك العائلة من المعادن. يبيِّن سيمون كوندرات وزملاؤه أن الكربونات الهيدروكسية للنحاس والزنك ذات المحتوى المنخفض من الصوديوم يمكن أن تنتج عبر ترسيب غير مذيب، حرج للغاية، وتشمل الجورجيت المستقر، الذي يمكن أن يستمر ليصبح عامل حفاز فعالًا للغاية. تُلْقِي تلك الاكتشافات الضوءَ على قيمة طرق التوليف المتقدِّم، وذلك بالوصول إلى أطوار معدنية غير معتادة، وتبيِّن أن هناك متسعًا لاستكشاف تطوُّر العوامل الحفازة الصناعية المتوازنة.

S table amorphous georgeite as a precursor to a high-activity catalyst

S Kondrat *et al*

doi: 10.1038/nature16935

التفاعل الاختزالي ofa للعوامل الحفازة

هناك نظرية تشير إلى أن تفاعلات كيميائية عديدة ليست تفاعلات أكسدة واختزال كما يُعتقد، حيث يمكن أن تحفز بتطبيق مجال كهربي. ويتم حاليًّا توفير الأدلة التجريبية على ذلك من دراسات جزيء مفرد؛ لتكوين روابط الكربون-كربون بتفاعل "ديلز-آلدر". وفي سلسلة من تجارب ملتقَى الانقطاع المجهري النفقي المسحي، يرصد الباحثون ارتفاعًا خماسي الطيّ، بتردد يشكل مفرقًا جزئيًّا مفردًا عند حضور المجال الكهربي، وينتظم في الاتجاه لصالح التدفق الإلكتروني من الداينوفيل dienophile إلى الداين diene. ويوفِّر العرض التوضيحي لإمكانية التلاعب بالتفاعلات الكيميائية من خلال المجالات الكهربية برهانًا مبدئيًّا لنهج جديد للحفز غير المتجانس.

Electrostatic catalysis of a Diels–Alder reaction

A Aragonès *et al*

doi: 10.1038/nature16989

فلك

التكوين الكُتَلِي للأشعة الكونية

أبلغ ستيجن بويتينك وزملاؤه عن التكوين الكُتَلِي للأشعة الكونية في نطاق الطاقة 10^{17} إلى $10^{17.5}$ إلكترون فولت، المشتق من قياسات تليسكوب "لُوفار" LOFAR الراديوي لسلاسل الأشعة الكونية الخاصة بالجسيمات الثانوية ـ شراذم الهواء ـ بالغلاف الجوي. وقد اكتشفوا تكوينًا مختلطًا يحتوي على نسبة كتلية خفيفة، تبلغ حوالي 80%. وتشير تلك الاكتشافات إلى مُكوِّن مجري إضافي، يهيمن بهذا النطاق الخاص بالطاقة، وذلك إذا لم يكن مُكوِّن الأشعة الكونية الخارج مجري أقل من $10^{17.5}$ بكثير.

A large light-mass component of cosmic rays at 10^{17} –$10^{17.5}$ electronvolts from radio observations

S Buitink *et al*

doi: 10.1038/nature16976

الشكل أعلاه | دقة فصل الطاقة. تم تزويد توزيع f_r/f_p (القضبان الزرقاء) بتوزيع جاوسي (المنحنى الأحمر المتقطع)، مما أسفر عن انحراف معياري $\sigma = 0.12$ بالمقياس اللوغاريتمي، وهو يماثل دقة فصل للطاقة بنسبة 32% - وهي المجموع التربيعي لدقة فصل الطاقة الخاصة بقيم دقة الفصل الراديوي والجسيمي. في هذا التحليل، لم يتم عمل معايرة مطلقة للقوة الراديوية المستقبلة، ولذا.. فإن مقياس f_r مقياس عشوائي.

جيولوجيا

السياق الجيولوجي لزلزال توهوكو-أوكي

استخدم دان باسيت وزملاؤه علم تضاريس الزوائد وشذوذ الجاذبية؛ لتوصيف الهياكل الجيولوجية بمنطقة العملاق توهوكو-أوكي 2011، الخاصة بالزلزال الجبار الذي وقع في مارس 2011. وتشير بياناتهم إلى حدود تكتونية محتمَلة في شمال شرق اليابان، قد تمثل الاستمرار البحري للخط التكتوني الوسيط. ويَفترِض الباحثون أن الخواص البنيوية والاحتكاكية الخاصة بالشاطئ اللوحي (العلوي) المكسور الخاص بشمال شرق اليابان تسيطر على الدمج الكاسح، والسلوك الزلزالي بتلك المنطقة.

Upper -plate controls on co-seismic slip in the 2011 magnitude 9.0 Tohoku-oki earthquake

D Bassett *et al*

doi: 10.1038/nature16945

علم الفيروسات

بِنْيَة شوكة الفيروس التاجي

تُعَدّ فيروسات كورونا مسؤولة عن إصابات الجهاز التنفسي في جميع أنحاء العالم. وهناك أنواع من هذه الفيروسات منخفضة التأثير، في حين تَسَبَّب بعضها في انتشار وباء الالتهاب الرئوي الحاد "SARS"، ومتلازمة الشرق الأوسط التنفسية "MERS" الحديثة. ويتوسط دخول فيروسات كورونا إلى الخلايا فيروس شوكة البروتين السكري ثلاثي الوحدات، الذي يحتوي على نطاق تقييد المستقبِل، فضلًا عن نطاقات الاندماج الغشائي. وقد قدَّمت ورقتان بحثيتان ـ نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* ـ بِنَى مجهرية إلكترون تبريد العينة عالية الاستبانة ـ بمقدار 4 أنجسترومـ لفيروس البروتين السكري، قبل الاندماج الغشائي. وقد درس ديفيد فيسلير وزملاؤه ثلاثي الوحدات في حالة فيروس الالتهاب الكبدي في الفئران، واستخدم أندرو وارد وزملاؤه الفيروس التاجي، وفيروس بيتا التاجي البشري HKU1، وهو سبب من أسباب أمراض الجهاز التنفسي المعتدلة. وتكشف البِنَى عن عملية الاندماج الفيروسية، والتشابه البِنائي لبروتينات F للفيروسات المخاطانية paramyxovirus، مما يشير إلى أن هذه البروتينات الاندماجية قد تطورت من سلف مشترك بعيد.

Cryo-electron microscopy structure of a coronavirus spike glycoprotein trimer

A Walls *et al*

doi: 10.1038/nature16988

Pre-fusion structure of a human coronavirus spike protein

R Kirchdoerfer *et al*

doi: 10.1038/nature17200

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تطور

إعادة النظر في أدمغة الفقاريات البدائية

تُعتبر أدمغة الفقاريات أكثر تعقيدًا من أدمغة أقاربها من اللافقاريات - الزِّقِّيَّات والحسيكة - مما يثير تساؤلات حول أصول وتطور الدماغ. وقد كان يُعتقد أن الجلكى ـ وهو نوع من السمك ـ عديم الفك، وهو حيوان فقاري قديم، لديه دماغ بدائي. كما كان يُعتقد أن الجلكى الجنيني لديه خصائص تشبه تلك التي لدى الفئران الطافرة، التي تفتقر إلى بِنْيَة تُسمى "البارزة العقدية المتوسطة" MGE. يُظْهِر شيجيرو كورتاني وزملاؤه أن سمك الجريث ـ وهو قريب من سمك الجلكى ـ يطوِّر مجالات تعادِل البارزة العقدية، وكذلك الشفة مُعَيَّنِية الشكل، في تشابه مع أدمغة الفقاريات الفكية (فَكِّيّات الفم). ومن خلال إلقاء نظرة فاحصة على سمك الجلَكى، لُوحظ أن لديه بِنَى مماثلة. وتشير هذه النتائج إلى أن تأقلم الدماغ ـ كما لُوحظ في الفقاريات ذوات الفك ـ يعود إلى آخر سلف فقاري، قبل تباعُد حلقيات الفم والفقاريات الفكية قبل أكثر من 500 مليون سنة.

Evidence from cyclostomes for complex regionalization of the ancestral vertebrate brain
F Sugahara *et al*
doi: 10.1038/nature16518

الضيف المتأخر على الخلية حقيقية النواة

إن الخلية حقيقية النواة أكبر بكثير، وأكثر تعقيداً من خلايا البكتيريا والعتائق. ولذا.. تصعب إعادة الخطوات التي تطورت بموجبها. وتقول إحدى وجهات النظر الحالية إن تطور حقيقيات النواة بدأ عندما استوعبت خلية شبيهة بالعتائق خلية بكتيرية، وتحولت لاحقًا إلى ميتوكوندريا. أما وجهة النظر البديلة، فتقول إن حقيقيات النواة كانت في طريقها إلى شكلها الحديث، قبل أن تستحوذ على البكتيريا. ويؤيد هذا الرأي الثاني دراسة أجراها ألكسندروس بيتيس، وتوني جابالدون، بيّنت أن جينات الميتوكوندريا هي الأكثر شبهًا بالبكتيريا، مقارنة بالشبه بين جينات حقيقيات النواة الأخرى، وأبناء عمومتها من بدائيات النواة. وتشير هذه النتيجة ـ التي من المرجح أن تكون مثيرة للجدل ـ إلى أن الميتوكوندريا كانت خلية متأخرة، التحقت بالخلية حقيقية النواة التي كانت في مسار تطورها بالفعل، بدلًا من كونها نقطة انطلاق تولِّد حقيقيات النواة.

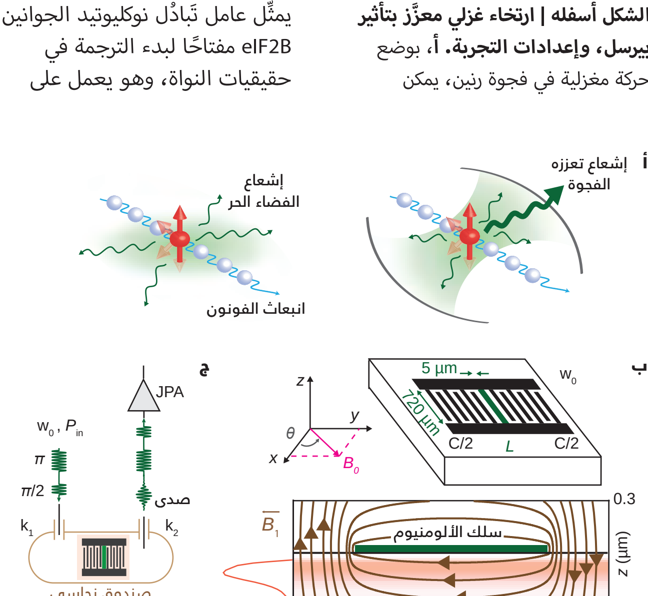
Late acquisition of mitochondria by a host with chimaeric prokaryotic ancestry
A Pittis *et al*
doi: 10.1038/nature16941

بصريات كَمِّيّة

حركة مغزلية جديدة على تأثير "بِيرسل"

يُعَدّ تأثير "بِيرسل" ـ حيث يتسارع المعدل البطيء للانبعاث التلقائي من منظومة كَمِّيَّة بفجوة رنين ـ تأثيرًا مركزيًّا في البصريات الكمية. ويبرهن باتريس بيرتيت وزملاؤه على نظير لتأثير "بيرسل" في منظومة من الحركات المغزلية بالمواد الصلبة. يؤثر الانبعاث التلقائي بتلك المنظومة على الارتخاء الغزلي. ويبين الباحثون كيفية تعديل الارتخاء الغزلي بمعامل ثلاثي. ويمكن أن يعطي هذا الباحثين وسيلة للسيطرة على ضبط الارتخاء الغزلي. تُعَدّ الحركات المغزلية ـ وهي في تلك الحالة الحركات المغزلية للمانح بالسيليكون ـ منصّات واعدة لمعالجة المعلومات الكمية، ويمكن أن يكون لتلك التقنية تشعُّب لأساليب بناء بِتّات كمية مغزلية جديدة.

Controlling spin relaxation with a cavity
A Bienfait *et al*
doi: 10.1038/nature16944



الشكل أسفله | ارتخاء غزلي معزَّز بتأثير بيرسل، وإعدادات التجربة. أ، بوضع حركة مغزلية في فجوة رنين، يمكن جعل الارتخاء الغزلي الإشعاعي يهيمن على عمليات جوهرية، كالارتخاء الذي يحدثه الفونون. **ب**، أعلى: جهاز رنّان سطحي فائق التوصيل، ذو تردد يبلغ $\omega_0=1/\sqrt{LC}$، يتكون من مكثِف ذي بنية متشابكة (يظهر باللون الأسود؛ له سعة كهربائية C) يوازيه سلك حثّي (يظهر باللون الأخضر؛ له محاثة كهربائية L)، وهو مُصنَّع فوق سيليكون ^{28}Si مشوب بالبزموت. تم تطبيق مجال مغناطيسي ساكن B_0 بشكل موازٍ لمسطح (x-y) طبقة الألومنيوم التي يبلغ سُمكها 50 نانومترًا، في اتجاه قابل للتوليد - θ. بالأسفل: خطوط المجال المغناطيسي لمجال استثارة الموجات الميكروية B_1 التي يولدها سلك الألومنيوم (الأسهم)، وضع فوق التركيز المحلي لمانحات البزموت (يظهر باللون الأحمر)، التي تم الحصول عليها بواسطة التحليل الطيفي الكتلي للأيونات الثانوية (SIMS). **ج**، تم وضع العينة في صندوق نحاسي درجة حرارته مثبّتة عند 20 ملّي كلفن، وتم فحصه بواسطة نبضات موجات ميكروية عبر هوائيات غير متماثلة، مقترنة بالجهاز الرنّان بمعدل يبلغ $\kappa_2 \approx \kappa_1/5$. يتم إرسال نبضات الموجات الميكروية عند ω_0 بمعدل طاقة P_{in} بواسطة الهوائي الأول، ويتم توجيه إشارة الموجات الميكروية المغادرة عبر الهوائي الثاني نحو المُدخَل الخاص بمضخم جوزيفسون البارامتري (JPA).

أحياء خلوية

بِنْيَة عامل بدء الترجمة 2B

يمثِّل عامل تَبادُل نوكليوتيد الجوانين eIF2B مفتاحًا لبدء الترجمة في حقيقيات النواة، وهو يعمل على الوحدة الفرعية جاما من eIF2. وأثناء الإجهاد، تتم فسفرة الوحدة الفرعية ألفا من eIF2؛ وهذا يثبط نشاط eIF2B، مما يؤدي إلى خفض تنظيم الترجمة العامة. وقد حلّ شيجيبوكي يوكوياما وزملاؤه مؤخرًا بِنْيَة مركّب eIF2B المكوَّن من 10 وحدات فرعية من الخميرة الانشطارية. وحيث إن المركز سداسي الوحدات التنظيمي مقيَّد إلى وجوه متقابلة بواسطة مركّبات ثانوية حفّازة مثنوية، تم تحديد مواقع التفاعل مع الوحدات الفرعية eIF2α، وألفا. وتَكشِف النمذجة كيف تؤثر عملية إضافة الفسفور إلى الوحدة الفرعية "ألفا" على تقيُّدها بـeIF2B، وكيف يثبط التجميع في مركّب eIF2-eIF2B غير المنتج تَبادُل النوكليوتيدات في eIF2γ.

Crystal structure of eukaryotic translation initiation factor 2B
K Kashiwagi *et al*
doi: 10.1038/nature16991

علم الأعصاب

خلايا السلائف للجهاز العصبي المعوي

الجهاز العصبي المعوي "ENS" ضروري لوظيفة الأمعاء الطبيعية، ويعمل بشكل مستقل ـ إلى حد ما ـ عن دوائر الخلايا العصبية الأخرى. وقد وضع لورينز ستودر وزملاؤه بروتوكولًا تمييزيًّا للحصول على أسلاف الجهاز العصبي المعوي، ومجموعة من الخلايا العصبية الموجودة في الجهاز العصبي المعوي من الخلايا الجذعية البشرية متعددة القدرات. وأظهروا أن هذه يمكن أن تهاجر، وتُطَعَّم إلى قولون أجنة الدجاج، وقولون الفأر البالغ، بما في ذلك نموذج الفأر الذي تعرّض لمرض هيرشسبرونج، حيث لاحظوا فيه إنقاذًا وظيفيًّا. أظهر الباحثون أيضًا أن أسلاف الجهاز العصبي المعوي "ENS" المستمَدة من المرضى المصابين بمرض هيرشسبرونج يمكن استخدامها للكشف عن الأدوية التي يمكن أن تعدِّل خصائص هذه الخلايا.

Deriving human ENS lineages for cell therapy and drug discovery in Hirschsprung disease
F Fattahi *et al*
doi: 10.1038/nature16951

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صندوق الأدوات

سوق خدمات تحرير المخطوطات للباحثين

يهدف موقع خدمات الأقران إلى زلزلة أركان الصناعة المختصة بخدمات الباحثين.

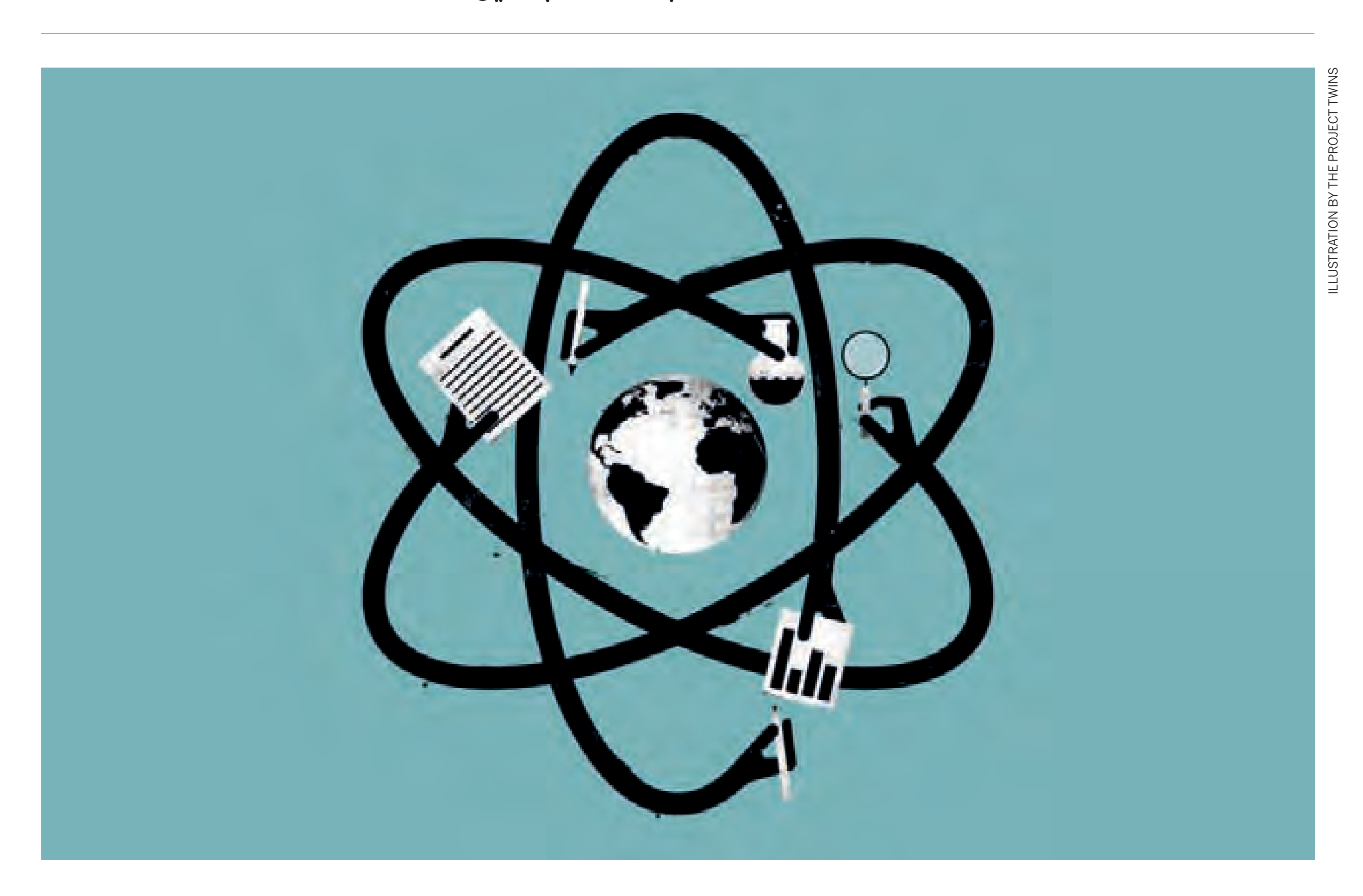


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

جيفري إم. بيركيل

بينما كان سباستيان إجيرت يستعد لتقديم ورقة بحثية في أحد المؤتمرات، أدرك أنه يعاني من مشكلة معينة؛ فلم يكن هو، أو المشرف على بحثه، من الناطقين باللغة الإنجليزية كلغة أم، ولم تكن لديهما الخبرة في كتابة ونشر الأوراق البحثية، إلا أن إجيرت ـ بحكم كونه طالب ماجستير في الهندسة الميكانيكية بالجامعة التقنية في ميونيخ بألمانيا ـ كان قد سمع عن موقع على شبكة الإنترنت، حيث من الممكن شراء خدمات التحرير من أحد الخبراء. وهذا الموقع بمثابة سوق على شبكة الإنترنت؛ للعمل مع الأقران، يُسمى "بِيرْوِذ" Peerwith.

تم إطلاق موقع "بِيرْوِذ" في أكتوبر من عام 2015، ولا يزال قيد الاختبار الأوَّلي، وهو بمثابة منتدى، يستطيع الباحثون من خلاله إيجاد مقدِّمي الخدمات، مثل المحررين، والمترجمين، والإحصائيين، والرسامين، ومن ثم التفاوض معهم؛ لتحسين أوراقهم البحثية.

يزخر الموقع "بمئات الخبراء"، معظمهم من ذوي الخبرة في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانية. وينشر المستخدمون في الموقع طلبًا توظيفيًّا، مُرْفَقًا بوصف مفصَّل للمستنَد المطلوب العمل عليه، يوضح طول الملف، والفترة الزمنية المطلوبة لإنجازه. يقوم الخبراء بعد ذلك بتقديم عروضهم لإنجاز هذا العمل، كما يقوم كل من الخبراء والمستخدمين بتقييم بعضهم البعض، بعد الانتهاء من العمل المطلوب.

ويرى المؤسِّس المشارك ـ يوريس فان روسوم ـ أن نموذج العمل في موقع "بِيرْوِذ" هو أقرب ما يكون إلى نموذج العمل الحر، مثل موقع "أَب وُورْك" Upwork. وجدير بالذكر أن يوريس فان روسوم قد ترك العمل في دار نشر "إلسفير"؛ ليبدأ العمل في شركته الخاصة بتركيز أكاديمي مكثف.

يجدر القول إن سوق خدمات الباحثين المتعلقة بأوراقهم البحثية موجود على أرض الواقع بالفعل، وتشير تقديرات فان روسوم إلى أنه يُقَدَّر بمئات الملايين من الدولارات سنويًّا، كما أنه يشمل كلًّا من المحررين المستقلين، وشركات التحرير الكبرى، مثل "شركة محرِّري الدوريات الأمريكية" AJE، و"إدانز" Edanz، و"إيديتيج" Editage، و"ماكميلان ساينس كُومْيونيكيشَن" Macmillan Science Communication (MSC)، وهي مملوكة للشركة الأم لدورية *Nature*. ويرى فان روسوم أن سوق خدمات الأقران ـ الموجود على الإنترنت ـ يسهم في جعْل الخدمات ميسورةَ التكاليف، عن طريق الاستغناء عن الوسطاء، والاتفاق المباشر الملائم بين المشترين والبائعين، حيث يتقاضى موقع "بِيرْوِذ" نسبة 10% إلى 20% من أي معاملة تتم عبر الموقع، في حين لم تُذلِّل الشركات الأخرى ◀

بتعليق على هوامشها المالية. كما يتيح الموقع للباحثين إمكانية استعراض الخبراء ممَّن قدموا عروضًا لإنجاز العمل؛ وذلك كي يتمكنوا من تحديد الشخص الأنسب، كما يمكنهم أن يتحققوا من التقييم الذي وضعه الآخرون لهؤلاء الخبراء.

حصلت فال كيد ـ وهي محررة ومترجمة، مقيمة في المملكة المتحدة ـ على 200 يورو (223 دولارًا أمريكيًّا) من موقع "بِيرْوِدْ"، نظير ترجمتها لعرض تقديمي لإيمانويل روتن، وهو فيلسوف في جامعة أمستردام الحرة بهولندا. يقول روتن إنّ الفترة الزمنية لإنجاز المهمة ـ بدءًا من إعلان العمل، حتى تسليم الملف المطلوب ـ قد استغرقت أقل من أسبوعين. ومن جهتها، ترى كيد أن الأمر "سهل بالفعل"، حيث يسهم التفاعل مع عميلها في تحسين المنتج النهائي. وتضيف كيد قائلة إنه في معظم شركات خدمات الباحثين التي تعمل بها، لا يتمكن المحرِّرون والمترجمون من الاتصال بالباحث، إذا كانت هناك استفسارات لديهم، حيث يتفاعل الباحث العميل مع الخدمة التي تختار بنفسها الموظفَ الحر الذي سيعمل على إنجاز هذه المهمة.

ترى آنا شارمان ـ مؤسِّسة "كوفاكتور" Cofactor ـ أن موقع "بِيرْوِدْ" لا يتحرى عن مزوِّدي الخدمة لديه. و"كوفاكتور" هي مؤسسة استشارية تختص بخدمات الباحثين، مقرها لندن. ولهذا.. فهي ترى أنه خلافًا لشركتها والشركات المماثلة، ليس هناك ما يضمن أن " الخبراء" الموجودين في موقع "بِيرْوِدْ" أكفاء بالفعل. وتصرح شارمان أن المحرِّرين في "كوفاكتور" يمرُّون بإجراءات توظيف صارمة، وبأنها تقوم بتدقيق مضاعَف لأعمالهم، قبل تسليمها إلى العميل.

هذا.. وترى شارمان أن موقع "بِيرْوِدْ" قناة تسويقية محتمَلة لعملها، ولكنها تقلق من أنه قد يعزِّز انخفاض الأسعار بشدة لديها. وتضيف قائلة إنّ الطلب الوحيد الذي رأته عندما قامت بإنشاء حسابها على الموقع كان من شخص يريد تحرير مقالة مكوَّنة من 5,000 كلمة، مقابل 9 دولارات أمريكية، وهو "مبلغ صغير للغاية". تتقاضى شارمان 60 جنيهًا إسترلينيًّا (87 دولارًا أمريكيًّا) نظير العمل على 1,000 كلمة في مؤسسة "كوفاكتور". وقد تقاضت في "إيديتيج" 350 دولارًا أمريكيًّا، كتكلفة إجمالية نظير العمل لأسبوع واحد على مقال مؤلَّف من 6,000 كلمة، كسعر "استثنائي"، بينما في شركة "AJE" كانت التكلفة 594 دولارًا أمريكيًّا. أما بالنسبة إلى التحرير العلمي "الشامل" في شركة "ماكميلان" MSC، الذي يتم بواسطة لجنة مكونة من أربعة محرِّرين ـ كحَدٍّ أدنى ـ من ذوي الخبرة في الدوريات العلمية ذات التأثير العالي، فتكلفة المقال النموذجي المؤلَّف من 5,000 كلمة مُنجَزة في 17 يومًا تساوي إجمالًا 2,860 دولارًا أمريكيًّا.

يرى فان روسوم أن موقع "بِيرْوِدْ" لا يزال في طور بدء الانتشار، وتسارع الأداء. وتضيف المحللة البارزة ديني أوكلير قائلة إنه من الممكن أن ينجح سوق الخدمات المجتمعية في نهاية المطاف، شريطة أن "يكون هناك توازن صحيح بين السعر، والجودة". وديني هي المحلِّلة الرئيسة لشركة الاستشارات الإعلامية والتقنية، المسماة "أوتْسِل" Outsell، ومقرها في بورلينجامي بولاية كاليفورنيا. وتقترح ديني التخلِّي عن مقدِّمي الخدمات التحريرية (الأفراد)، في مقابل استهداف (المؤسسات) في إطار أوسع من الأعمال الفردية.

أما بالنسبة إلى إجيرت، فقد تلقَّى عرضًا واحدًا، ردًّا على إعلانه الوظيفي، ودفع 100 يورو نظير تعديلات المحتوى والأسلوب، التي أُجريت على ورقة العمل خاصته، المؤلَّفة من 2,500 كلمة، والتي تفاوَض على تخفيض كلفتها، التي كانت 120 يورو في البداية. ويصرح بأنه سيستخدم هذه الخدمة مرة أخرى، وأوصى الآخرين باستخدامها، على افتراض أن السعر مناسب. ■

التجريب

تخطيط أفضل للدراسات الحيوانية

تطبيق على الإنترنت.. يهدف إلى تحسين البحوث في علوم الحياة.

دانْيِل كريسي

إن وجود أداة مجانية متاحة على الإنترنت تعرض تمثيلات بصرية لتصميمات التجارب الحيوانية، وتتيح تفاعلًا نقديًّا من قِبَل المستخدمين، من شأنه أن ينقذ العلماء من التورط في أبحاث رديئة التصميم، وهذا ما يرنو إليه مطوِّرو برمجيات الحاسوب، حيث تَعَرَّض الباحثون ـ على مدى السنين القليلة الماضية ـ للعديد من النقائص في تصميمات التجارب الحيوانية المنشورة وتقاريرها، وحَذَّروا من أن هذه النقائص قد تؤدي إلى التحيز. ورَدًّا على ذلك.. اتفقت مئات الدوريات طوعًا على جملة من التوجيهات العامة بخصوص تقارير الدراسات الحيوانية، مثل: قوائم التحقق لأفضل الممارسات، مثل الحسابات الإحصائية التي يتوجب استخدمها؛ تجنبًا للخطأ، غير أن هذه القوائم تدخل إلى حيز التنفيذ بعد تقديم العلماء ورقتهم العلمية، حسب قول ناتالي بيرسي دو سيرت، المتخصصة في التصميم التجريبي بالمركز الوطني لاستبدال توظيف الحيوانات في الأبحاث وتحسينه والحدّ منه (NC3Rs) في لندن. وتضيف ناتالي قائلة: "عندما تبلغون مرحلة التقرير، يكون الوقت متأخرًا بالفعل، فنحن نريد من الباحثين أن يفكروا في هذه القضايا عند مرحلة التصميم".

يتمثل حلّ بيرسي دو سيرت في برنامج يُسمى "مساعد التصميم التجريبي" EDA، تم إطلاقه في أكتوبر 2015؛ وتأمل أن يساعد في تحسين نوعية البحوث الحيوانية، بل ربما يصبح جزءًا لا يتجزأ من إجراءات تسيير الدراسات الحيوانية.

يسمح تطبيق EDA (انظر: go.nature.com/koasai) للعلماء بإنشاء تمثيل بصري لتجربة، عن طريق تركيب عناصرها الرئيسة ـ وهي الافتراضات، والطرق التجريبية، والتحليل المخطط ـ في صناديق ملونة متصلة بشكل منطقي. ومن ثم، يَستخدِم البرنامج مجموعة من القواعد المدمجة؛ لكشف المشكلات المحتمَلة، واقتراح التحسينات.

> «نريد من الباحثين أن يفكروا في هذه القضايا عند مرحلة التصميم».

قد يبدو هذا بسيطًا.. فالباحث لم يحدد كيف يتم اختيار الحيوانات عشوائيًّا في مرحلة التحكم في التجربة، أو مرحلة العلاج، وقد يكون أشد تعقيدًا.. فثمة تغيُّرات كامنة تربك مراحل التحكم في التجربة، والمراحل الخاصة بالتجريب العلاجي. ويمكن للأداة أيضًا مساعدة العلماء في احتساب حجم العينة اللازمة؛ لضمان نتيجة متماسكة إحصائيًّا، كما يمكنها المساعدة في الاختيار العشوائي. وتذكر بيرسي دو سيرت أنه لا يوجد شيء جديد كليًّا في برنامج EDA، فالبرنامج مبنيٌّ على معلومات موجودة عن التصميم التجريبي الجيد، إلا أنه بإمكانه مساعدة العلماء ذوي التدرب الضعيف في المجال، وتعليمهم الاختيارات التصميمية.

وتضيف بيرسي دو سيرت قائلة إنه منذ انطلاق التطبيق، تم إنشاء حوالي 400 حساب لاستخدامه، منتِجين ما بين 50 و100 مخطط بياني إجمالًا كل شهر. وليس لدى بيرسي الصلاحية لمعرفة معلومات مفصّلة عن مستخدمي التطبيق، وبالتالي، فالحساسية المتعلقة بأبحاث الحيوانات، والحاجة إلى حماية الباحثين تعني أن المعلومات المتعلقة بالمستخدمين وكيفية استخدامهم لها مؤمَّنة جيدًا.

وقد قام "معهد وِيلْكَم تراست سانجر" ـ وهو مركز أبحاث الجينوم في كمبريدج بالمملكة المتحدة ـ بتقديم برنامج تدريب داخلي، يشتمل على دروس في التصميم واستخدامات تطبيق "EDA". ويشجِّع المعهد العاملين به على استخدام البرنامج لعرض التجارب على لجان الالتزام الأخلاقي، حسب قول ناتاشا كارب، وهي أخصائية في الإحصاء الحيوي بالمعهد. وقد شاركت كارب ضمن فريق العمل المشرف على تطوير الأداة، وتذكر أنها استخدمتها لتعرض تجارب علماء الأحياء الذين تدعمهم.

إن تطبيق "EDA" ليس البرنامج الوحيد الذي يهدف إلى تحسين جودة البحوث وإعادة إنتاجيّتها، إذ توجد أدوات أخرى لفحص المخطوطات البحثية قبل نشرها؛ بحثًا عن مسائل من قبيل الأخطاء في تشكيل القيمة الاحتمالية P ، أو حذفها. من هذه الأدوات: "بينيلوبي" Pinelope، وهي خدمة مدفوعة الأجر، مخصصة لناشري الدوريات. وتوجد كذلك أداة أخرى، تُسمى "ويب كونسورت" WebCONSORT، وهي غير متاحة مجانًا بعد، وجارٍ اختبارها، باعتبارها وسيلة لتحسين تقارير التجارب الإكلينيكية. كما توجد أداة تُسمى "بروتوكول نافيجيتور" Protocol Navigator، وهي بمثابة تطبيق مجاني على الإنترنت، أنشأه علماء جامعة كارديف بالمملكة المتحدة. وينتج هذا التطبيق خرائط تجارب بصرية، يمكن مشاركتها، غير أن تطبيق "EDA" يستهدف تحديدًا البحوث الحيوانية، ومن ثم فهو متفرد في قدرته على إعطاء لمحة سريعة لتصميم التجارب الحيوانية وتحليلها، حسب قول كارب، التي تضيف: "لا يوجد أي نظام يشبه هذا النظام".

تأمل بيرسي دو سيرت أن يصبح التمثيل البصري للتجارب تطبيقًا شائعًا، ومستخدَمًا في الأوراق البحثية، أو عروض العمل المختبري في الاجتماعات بين الباحثين. وتضيف قائلة إنه من المحتمَل أن ينتِج برنامج EDA إصدارات تَحْمِل توقيعًا زمنيًّا؛ لإثبات أن التجربة تم إجراؤها وتحليلها وفقًا للتصميم الأوَّلي لها؛ وذلك بدلًا من أن تكون التجربة نِتاج عالم يبحث في المعطيات عن تفسير، بعد وقوع الحدث، وهي ممارسة تبعث على الامتعاض، تُسمى أحيانا "هاركينج" HARKing، (أي الافتراض، بعد أن تكون النتائج قد عُرفت بالفعل).

يرى جيفري موجيل ـ المتخصص في دراسة الألم في جامعة ماكجيل بمونتريال في كندا ـ أن هذه الأداة المتاحة على الإنترنت معقدة نوعًا ما، ويقول: "لكنني أظن أنه قد يُستفاد بشكل كبير من استعمال هذه الأداة في الوقت الحالي، فهي وسيلة رائعة لتدريب الخرجين الجدد، أو تدريس المنهجية العلمية للطلبة الجامعيين". ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علوم الأرض تغيرات في فرص التوظيف المتاحة لعلماء الجيولوجيا البترولية **ص. 83**

عمـود يجب على الحاصلين على درجة الدكتوراة ألا يقللوا من قيمة ما يمكنهم إضافته لقطاعي الصناعة والأعمال **ص. 85**



وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**



PW ILLUSTRATION/GETTY

نشاط الباحثين

باحثو ما بعد الدكتوراة المحبَطون ينتفضون

يعاني باحثو ما بعد الدكتوراة في الولايات المتحدة، بسبب الرواتب، ومسارات مستقبلهم المهني، ولكنْ هناك مجموعات منهم بدأت تخوض معركة؛ لتحسين الأوضاع.

بول سماجليك

كانت الصعوبات التي تواجه باحثي ما بعد الدكتوراة بالولايات المتحدة ـ من رواتب منخفضة، ومزايا غير منتظمة، وتدريب غير متكافئ، ومسارات ضبابية لمستقبلهم المهني ـ محط اهتمام إعلامي واسع المدى في السنوات الأخيرة الماضية، ولكن الجهود المبذولة للتغلب على هذه الصعوبات كانت بطيئة بصورة مؤلمة. ويحاول باحثو ما بعد الدكتوراة، والجماعات المناصرة لهم، بعد أن أصابهم الإحباط بسبب التوصيات الصادرة عن الجامعات وواضعي السياسات وغيرهم من الأطراف المعنية التي لم تؤت ثمارها سريعًا، أن يعالجوا بعض مشكلاتهم بأنفسهم.

وقد تنبَّهت تقارير عالية المستوى إلى هذه المشكلات منذ ما يربو على عقد من الزمان، إذ أوجزت «الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم» ما يواجهه باحثي ما بعد الدكتوراة في مجالات العلوم والهندسة من صعوبات في سنة 2000، كما ذكرت في تقرير متابعة في سنة 2014 أن هذه المشكلات مستمرة، وقد بدأت تتسرب إلى باقي التخصصات. وقد وجدت دراسة صادرة عن دورية «وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم» *PNAS* في السنة نفسها أن المؤسسة البحثية الأمريكية تُعِدّ أغلب باحثي ما بعد الدكتوراة والدارسين بعد التخرج لوظائف تتمتع بالتثبيت الوظيفي، ومِن غير المحتمَل أن يحصل عليها إلا 20% فحسب منهم (.B. Alberts *et al* .*Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111**, 5773–5777; 2014).

وقد نادت التقارير بتطبيق إجراءات حتمية، مثل إقرار رواتب أعلى، وتحديد فترات تدريب ثابتة، وتدريب مهني أوسع نطاقًا.

في هذا الصدد، يقول جاري ماكدويل، وهو باحث ما بعد الدكتوراة في مجال علم الأحياء الإنمائي بجامعة تافتس في بوسطن، ماساتشوستس، وعضو في جماعة «مستقبل الأبحاث» FOR، وهي جماعة مقرّها في بوسطن، وتعمل على تحسين رواتب باحثي ما بعد الدكتوراة، وما يحصلون عليه من مزايا: «يزداد الإحباط من تكرار الحديث عن هذه المشكلات، والكتابة عنها بلا انقطاع». وثمة منظمات أخرى تناضل في معاركها الخاصة بها؛ فقد ساعدت جماعة من باحثي ما بعد الدكتوراة في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا في الضغط على المسؤولين؛ من أجل الحصول على رواتب أعلى هناك، فضلًا عن جماعة أخرى بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، وسَّعت نطاق برنامج للتدريب الداخلي؛ ليشمل باحثي ما بعد الدكتوراة، جنبًا إلى جنب مع الدراسين بعد التخرج. كما بذلت جماعة بجامعة نيويورك جهودًا؛ من أجل محاربة الانعزالية بين باحثي ما بعد الدكتوراة، الموزَّعين على المدن الكبرى، ومن أجل توفير شبكة مهنية، وإتاحة فرص تعاونية بينهم.

ومن المتوقَّع أن يجني باحثو ما بعد الدكتوراة منافع كثيرة، إذا ما شاركوا بفعالية في تلك الجماعات المنظمة محليًّا وإقليميًّا، ومنها تنمية مهارات قد تساعدهم في مستقبلهم المهني (انظر: «نشاط الباحثين يؤتي ثماره»). وربما يَحدُث التغيير على المستويات المحلية أسرع من سائر المستويات. ولا يحتاج عندئذ باحثو ما بعد الدكتوراة أن ينتظروا حلًّا جامعيًّا على المستوى الوطني، ربما لا يأتي أبدًا. وفي هذا الصدد، يقول ماكدويل: «أشعر أن الأمل ازداد كثيرًا عن ذي قبل».

يرى العديد من باحثي ما بعد الدكتوراة أن المشكلة الأساسية التي تؤرقهم هي المال. وقد قطعت رابطة باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد «SURPAS» شوطًا طويلًا مستقلًا في هذا المجال بالفعل، حيث تفاوضت في العام الماضي من أجل الحصول على رواتب أعلى. وفي أكتوبر الماضي، حققت انتصارًا، حين تمكَّنت من ضمان مبلغ 50 ألف دولار أمريكي سنويًّا، كحد أدنى لكل باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد، البالغ عددهم 2,000 باحث، بغض النظر عن مصدر تمويلهم، مع مراعاة زيادة المبلغ لمَن قضى ما يزيد على 3 سنوات في المنصب. وهذا المبلغ أعلى بنسبة 17% من الحد الأدنى لمِنَح الخدمات البحثية الوطنية الأمريكية، التي تبلغ 42,840 دولارًا أمريكيًّا.

كما ساعدت رابطة باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد على توفير نفقات التنقل، حيث تَمَتَّع أعضاء هيئة التدريس والعاملون بالجامعة ببطاقات تمكِّنهم من التنقل بالقطار مجانًا، غير أن باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد لم يكن لهم الحق في الاستفادة من هذا الامتياز. وفي استطلاعَين للرأي، أُجْرِيَا في عامي 2012، و2013، وجدت رابطة باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد أن الكثيرين كانوا حانقين إزاء مصاريف التنقل. واستطاعت الرابطة ـ بدعم من تحالف من أعضاء هيئة التدريس والعاملين بالجامعة ـ أن تكفل تطبيق برنامج تجريبي في عام 2014؛ لتوسيع نطاق بطاقة التنقل بالقطارات مجانًا؛ لتشمل باحثي ما بعد الدكتوراة، فقد كان باحثو ما بعد الدكتوراة ينفقون سابقًا ما يصل إلى 2,100 دولار أمريكي سنويًّا على التنقل بالقطار، أما الآن، فلا ينفقون سوى 190 دولارًا أمريكيًّا. ◀

وتقيم الشؤون الإدارية بجامعة ستانفورد البرنامج التجريبي؛ لبحث إمكانية تجديده هذا العام.

تركِّز المنظمات الأخرى على التدريب؛ لإعداد باحثي ما بعد الدكتوراة لوظائف خارج المجال الأكاديمي، لأن التقارير ما زالت تشير إلى قلة الوظائف في المجال الأكاديمي، حيث يحتاج باحثو ما بعد الدكتوراة إلى قضاء بعض الوقت بعيدًا عن منضدة المختبَر؛ بغرض اكتساب مهارات مهنية، ولكنهم قلَّما تتاح لهم هذه الفرص، حتى عندما توفِّر الجامعات التي تستضيفهم هذه البرامج للدارسين بعد التخرج، مثلما كان الحال في جامعة كاليفورنيا بولاية سان فرانسيسكو، حيث لم يكن لباحثي ما بعد الدكتوراة الحق في حضور برامج التدريب الداخلي لاستطلاع المستقبل المهني، إلا أن جماعة «بي فاليو» ـ وهي جماعة مناصِرة لباحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة كاليفورنيا في بسان فرانسيسكو، تكوَّنت في سنة 2014 ـ تمكنت من تغيير هذا الوضع.

في أعقاب منتدى عُقد في مارس من العام الماضي؛ لمناقشة التدريب المهني، اتحد الأعضاء؛ مطالِبين جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو بأن تدعم برامج للتدريب الداخلي، مرنة وقصيرة المدة، في مجالات عديدة، منها الملكية الفكرية، ونقل التقنيات. وقد وافقت الإدارة بالجامعة على رعاية برامج للتدريب الداخلي، تقام في الحرم الجامعي، ودشَّنت برنامجًا تجريبيًّا في سبتمبر الماضي؛ وقد استقطب البرنامج ستة مشاركين حتى الآن، من بينهم جيسيكا لاو، وهي تُدرِّس مادة الكيمياء العضوية بجامعة سان فرانسيسكو في إطار هذا البرنامج. ولكونها تُجْرِي أبحاثًا بعد الدكتوراة في كلية الطب بجامعة كاليفورنيا بولاية سان فرانسيسكو، فقد قررَتْ أن تستكشف مهنة التدريس، وأرادت أن تخوض تجربة غرفة الصف. وتتطلب الدورة التدريبية قضاء ما يصل إلى ست ساعات أسبوعيًّا، ما بين المحاضرات وأعمال مكتبية، وقضاء وقت أطول في التحضير، ولكن رئيس المعمل كان داعمًا لها، ومتفهِّمًا لمدى احتياجها لقضاء بعض الوقت بعيدًا عن منضدة المعمل. تقول: «لقد تَفَهَّم مدى أهمية ذلك لي».

تُعْزِي كاثرين تومسون بير ـ الرئيس المشارك لمجموعة «بي فاليو» ـ نجاح البرنامج التجريبي إلى أنه قد بُني على نظام قائم بالفعل، بدلًا من محاولة إقامة برنامج جديد. وهي متفائلة بأن جامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو ستثبت البرنامج، وتضفي عليه صبغة رسمية، بعد انتهاء الفترة التجريبية.

بدأت هذه الجهود الإقليمية تنتشر على مستوى الدولة، إذ تسعى المنظمات المحلية لإقامة روابط بينها وبين نظيراتها في أماكن أخرى، ودعم بعضها بعضًا. وقد وضعت رابطة باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد خطة؛ لمناصرة باحثي ما بعد الدكتوراة؛ لكي تتبعها سائر الجماعات. وقد امتدت جماعة مستقبل الأبحاث إلى نيويورك، وشيكاجو في ولاية إلينوي. وهذا التوسع ـ إلى جانب مناصرة الجماعات لبعضها البعض ـ من شأنه أن يعزز أيضًا الاتصالات في مجال الأبحاث المحتملة.

هذا.. وقد ساعدت الاجتماعاتُ التي عقدتها جماعة مستقبل الأبحاث بانتظام ـ وغيرها من الفعاليات في مدينة نيويورك، على سبيل المثال ـ أعضاء الجماعة من مختلف التخصصات على تكوين روابط، والوقوف على الاهتمامات المشتركة في المجالات البحثية. وقد نظَّمت الجماعة ندوة عن الأبحاث متداخلة التخصصات في العام الماضي، تضمَّنت جلسات حول بعض القضايا المهنية والسياسة البحثية. وفي هذا الصدد، تقول رودونيكي أثاناسيادو، إحدى عضوات جماعة مستقبل الأبحاث: «كان هذا إنجازًا كبيرًا، فعبر التاريخ.. لم يحدث تفاعل علمي بين باحثي ما بعد الدكتوراة في مختلف الأقسام بجامعة نيويورك».

وقد حققتْ الجماعات المناصِرة لباحثي ما بعد الدكتوراة انتصارًا مشتركًا في معركة أخرى. فندرة البيانات الملموسة حول اتجاهات توظيف باحثي ما بعد الدكتوراة كانت تؤرق المتدربين لعقود من الزمان، وأثبطت ما بذلوه من جهود في التخطيط لمستقبلهم المهني. فهناك جماعات تجمع معلوماتها الخاصة عن طريق متابعة الخريجين.

نشاط الباحثين يؤتي ثماره

باحثو ما بعد الدكتوراة الذين يساعدون زملاءهم يساعدون أنفسهم أيضًا

تَكاتَف باحثو ما بعد الدكتوراة معًا؛ لخوض معركة للتغيير؛ بغرض تحسين أوضاع التدريب لأنفسهم ولنظرائهم؛ مما يمكِّنهم من اكتساب مهارات، وتحسينها بمرور الزمن، مثل التفاوض، وإدارة الوقت، والتواصل، والقيادة، وهي مهارات من شأنها أن تساعد في تنمية مستقبلهم المهني.

وقد تعلّمت أميتا بانسال ـ وهي باحثة في مرحلة ما بعد الدكتوراة في جامعة بنسلفانيا بولاية فيلادلفيا، وعضو مركز «بين» لأبحاث ما بعد الدكتوراة في مجال الطب الحيوي ـ كل هذه المهارات عندما وضعت برنامجًا لمساعدة باحثي ما بعد الدكتوراة من الأجانب على الاندماج وسط جماعة باحثي ما بعد الدكتوراة في مركز «بين». ولكي تستنبط أفكارًا للفعاليات المختلفة، تواصلت مع زملائها من باحثي ما بعد الدكتوراة الأجانب، كما كان عليها أن تتفاوض مع قيادات في الجامعة؛ للحصول على موافقتهم على البرنامج، الذي ـ على حد قولها ـ يستطيع أن يجذب حوالي 100 شخص لحضوره، وفقًا لنوع الدورة الدراسية، أو الموضوع الذي سيتناوله. وتقول بانسال في هذا الصدد: «تعلمتُ كيف يعمل الهيكل الأكاديمي، والتسلسل الهرمي الإداري».

وقد أجبرها الجانب التخطيطي للبرنامج ـ بما ينطوي عليه من دعوة المحاضرين، وتحضير المجال لهم، وتنظيم الدعم المالي للبرنامج، وضمان وجود قاعات للانعقاد ـ على شحذ مهاراتها التنظيمية. وعلى الرغم من أن الاجتماعات كانت تُعقد بعد ساعات العمل، إلا أنها خصصت حوالي ساعة يوميًّا للمهام التي يجب أن تقوم بها أثناء النهار، كما تقضي بعض الوقت في المساء، وفي عطلات نهاية الأسبوع في القيام بمهام أخرى، مثل كل ما يتعلق بالرد على رسائل البريد الإلكتروني، والهاتف. وتضيف بانسال: «إنّ إدارة الوقت عاملٌ أساسي إلى أقصى درجة».

وقد لعبت هذه المهارة نفسها دورًا أساسيًّا في الجهود التي بذلتها رودونيكي أثاناسيادو؛ من أجل مناصرة باحثي ما بعد الدكتوراة. فقد أسست باحثة ما بعد الدكتوراة بجامعة نيويورك فرعًا إقليميًّا لمجموعة باحثي ما بعد الدكتوراة التابعة لجماعة «مستقبل الأبحاث». كما شاركت في تنظيم ندوة عرض للفرع في العام الماضي، استغرقت يومًا كاملًا. وقد تعلمت أثاناسيادو ـ كشأن بانسال ـ كيف تخصِّص وقتًا للبريد الإلكتروني، والرسائل الهاتفية في أثناء إنجاز عملها التدريسي.

يمكن أن يتعلم باحثو ما بعد الدكتوراة ـ من خلال الجهود في مجال المناصرة ـ كيفية صياغة رسائلهم، حسب الشخص الموجَّهة إليه. فلدينا مثلًا جيسيكا



جيسيكا بولكا تدير اجتماعًا لجماعة «مستقبل الأبحاث» في بوسطن.

LIPOFSKY.COM

بولكا، باحثة ما بعد الدكتوراة في كلية هارفارد للطب في بوسطن، بولاية ماساتشوستس، وهي ناشطة في جماعة «مستقبل الأبحاث» في منطقة بوسطن، كما أنها عضو في لجنة توجيهية على المستوى الوطني، تقوم بجمْع المعلومات المتعلقة بالمشكلات التي تواجه باحثي ما بعد الدكتوراة، وتوظيفهم. ويقتضي قيام بولكا بهذه الأدوار أن تتعامل مع إدارة الجامعة، ورؤساء وأعضاء منظمات باحثي ما بعد الدكتوراة، وزعماء سياسيين بالدولة. وقد تعلَّمَتْ كيف تطوِّع رسائلها؛ لتقنع كل واحد من هؤلاء على حدة، حيث تقول بولكا: «إن التحدث في موضوعات مختلفة عن العلوم ساعدني في التواصل بطريقة أفضل مع الآخرين».

كما لاحَظ ج. ت. نيل ـ وهو من باحثي ما بعد الدكتوراة في كلية الطب بجامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا، وعضو رابطة باحثي ما بعد الدكتوراة بجامعة ستانفورد ـ أن عمله في التفاوض بشأن رواتب باحثي ما بعد الدكتوراة مع الجامعة قد أتى بفائدة مشابهة. ويقول نيل في هذا الصدد: «تعلمتُ من العملية برمّتها كيفية التعرف على نقاط الخلاف لكل طرف، والتعاون مع الآخرين؛ من أجل تناول هذه النقاط. وتعلمتُ التحلّي بالصبر.. فوتيرة التغيير في مؤسسات التعليم العالي عادةً ما تكون بطيئة».

ترى بولكا، وزميلها العضو في جماعة «مستقبل الأبحاث»، جاري ماكدويل ـ وهو باحث ما بعد الدكتوراة في جامعة تافتس في ولاية بوسطن ـ أن جهودهما في مجال مناصرة الآخرين فتحت لهما أيضًا آفاقًا مهنية محتمَلة، إلى جانب العمل البحثي، حيث تقول بولكا: «ازددتُ وَعْيًا بما يمثله العمل في مجال السياسة والاتصالات من أهمية قصوى، وسأكون سعيدة للغاية بالعمل في أيٍّ من المجالين». **بول سماجليك**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

على المستوى القومي، تُوَاصِل جماعات باحثي ما بعد الدكتوراة الضغطَ على «المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم»؛ من أجل تجميع هذه البيانات. وبفضل هذه الجهود، أنشأ واضعو تقارير الأكاديمية الوطنية للعلوم، ودورية «وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم» موقعًا على شبكة الإنترنت في العام الماضي؛ يهدف إلى تجميع هذه البيانات، وتنظيمها. كما تضم الصفحة على الإنترنت طائفة من المقترحات؛ لتحسين تدريب الباحثين لما بعد الدكتوراة، وسبل تمويلهم، إضافةً إلى موضوعات أخرى.

تقول جيسيكا بولكا ـ باحثة ما بعد الدكتوراة بكلية الطب بجامعة هارفارد، بوسطن، ماساتشوستس، وهي عضو في جماعة مستقبل الأبحاث في بوسطن، وفي لجنة إدارة الموقع ـ إنّ الموقع يقدم طريقة تصاعدية، تبدأ بالتفاصيل الصغيرة أولًا، حتى تستخدمها الجماعات ـ مثل جماعة مستقبل الأبحاث ـ في مخاطبة واضعي السياسات الطبية الحيوية الأعلى منصبًا مباشرة.

تقول تومسون بير عن نفسها إنها سعيدة بأنْ أُتيحت لها الفرصة للمشاركة في الحوار الوطني، فقد أصبحت أصوات منظمات باحثي ما بعد الدكتوراة أقوى من ذي قبل. وبالطبع، فإن قدرة باحثي ما بعد الدكتوراة على التأثير كأعضاء في جماعات تفوق بمراحل قدرتهم على التأثير كأفراد. وتضيف قائلة: «لا يمكننا تنفيذ هذه التغييرات الهيكلية وحدنا». ■

بول سماجليك كاتب حُرّ، يقيم في ميلووكي، ويسكونسن.


STEVE SATUSHEK/GETTY

خط أنابيب للبترول في مدينة أناكورتس بولاية واشنطن.

علوم الأرض

صعـود وهبـوط

يؤدي عدم استقرار الأسواق إلى تغيرات في فرص التوظيف المتاحة لعلماء الجيولوجيا البترولية.

فيرجينيا جوين

أسفر الهبوط الحاد في أسعار النفط عن استنفاد أرباح شركات النفط بالكامل، وانخفاض الطلب على علماء الجيولوجيا البترولية، الذين كانوا مطلوبين بشدة قبل هذه الأزمة. ففي أعقاب سلسلة من الانخفاضات المتتالية، هبطت أسعار النفط إلى أدنى معدلاتها على مدار 12 عامًا، ووجدت شركات الطاقة نفسها مجبرة على إلغاء عشرات الآلاف من الوظائف، وخفض ميزانياتها الخاصة بالتنقيب عن النفط والغاز.

يُعَدُّ هذا الوضع هو الأسوأ منذ فترة من الزمن، ففي يناير الماضي هبط سعر برميل النفط إلى أقل من 28 دولارًا أمريكيًّا، بعد أن وصل إلى أكثر من 100 دولار أمريكي للبرميل في عام 2014، الأمر الذي قلَّص ـ على المدى القصير ـ فرص التوظيف المتاحة لعلماء الجيولوجيا والجيوفيزيائيين. فعلى سبيل المثال.. أعلنت شركة «شل» ـ التي تُعَدُّ إحدى كبرى الشركات في هذا القطاع ـ عن خسارة حوالي 10 آلاف وظيفة، وكشفت الشركتان المنافستان لها «شيفرون»، و«بي بي» أيضًا عن عمليات خفْض، يُقدَّر عددها بالآلاف. وعلى مستوى العالم، لم تَعُد برامج الدراسات العليا ـ التي ظلت على مدار عقود هي المُورِّد الرئيس للمواهب العاملة في شركات الطاقة ـ قادرة على توفير وظائف مباشرة لخريجيها الجدد، الحاصلين على درجة الماجستير في الجيولوجيا.

تقول مورين ريس، مديرة مركز المهن الجيولوجية بجامعة تكساس في أوستن، الذي ظل على مدار تاريخه مصدرًا رئيسًا للتوظيف في شركات الطاقة: «عانينا من هبوط بلغ 50% على الأقل في معدلات التوظيف، بل إن هناك شركات كبرى لا تعرِض أي وظائف على الإطلاق». وسَجَّل برنامج الماجستير في الجيولوجيا البترولية المتكاملة بجامعة أبردين في المملكة المتحدة ـ الذي ظل أيضًا لفترة طويلة مصدرًا للتوظيف ـ تغيُّرًا مشابهًا؛ ففي العام الماضي لم يستطع رُبع خريجي البرنامج الحصول على وظائف فورية في هذا المجال، ووجد بعض مَن عملوا في أماكن أخرى وظائف في تحليل المخاطر، أو الموارد المالية، وهي مجالات بعيدة عن تخصصهم.

يتوقع محلِّلو الطاقة مستقبَلًا ضبابيًّا في انتظار الباحثين عن وظائف في مجال الجيولوجيا، على الأقل طوال العام القادم (انظر: «نصائح لعلماء الجيولوجيا البترولية.. من أجل البقاء»)، ولكن من المتوقع أن ينمو الطلب على أصحاب الخبرات في مجالي الجيولوجيا والجيوفيزياء على المدى الأطول في شتى صناعات النفط والغاز، نتيجة لموجة التقاعدات المنتظَرة، والطلب المتزايد على المهارات التقنية والقيادية، والاحتياج المستمر إلى النفط. يتنبأ المحللون أيضًا بتزايد الطلب على هذه الخبرات في القطاع البيئي، ولا سيما في مجال «تخفيف الآثار»، المعنِي بتطوير وتنفيذ وسائل؛ للحدّ من الآثار البيئية للتنقيب عن النفط والغاز واستخراجهما، أو القضاء عليها.

اضطراب يكتنف مجال الطاقة

ليس عدم الاستقرار مستغرَبًا في قطاع الطاقة. وترجع حالة الهبوط الأخيرة في سعر النفط ـ ببساطة ـ إلى إغراق السوق بالنفط. فقد ارتفع سعر النفط بين عامي 2000، و2008 ارتفاعًا حادًّا، حتى بلغ رقمًا قياسيًّا قارب 150 دولارًا للبرميل، ثم أدَّت حالة الكساد الاقتصادي العالمي إلى انخفاض الأسعار إلى حوالي 40 دولارًا للبرميل بنهاية عام 2008. ورغم أن تعافي الاقتصاد رَفَع الأسعار في الأعوام الخمسة التالية؛ فبدأت الأسعار في الهبوط من جديد بحلول منتصف 2014، نتيجةً لانخفاض الطلب. وفي الوقت ذاته، ارتفع الإنتاج في الشرق الأوسط، والولايات المتحدة، وكندا. وقد تضافرت تلك العوامل مجتمعة؛ لتؤدي إلى تراكم فائض نفطي غير اعتيادي.

وقد نتج عن دورات الانتعاش والكساد المتعاقبة في القطاع تباينٌ في التوزيع الديموغرافي لقوى العمل، ما قد يصبّ في صالح علماء الجيولوجيا، الذين يستهلّون حياتهم الوظيفية خلال الخمس إلى العشر سنوات القادمة. ويتنبأ معهد العلوم الجيولوجية الأمريكي في الإسكندرية بولاية فيرجينيا ـ الذي يُعَدُّ بمثابة شبكة من الجمعيات الممثلة لعلماء الجيولوجيا ـ بعجز، قدره 135 ألف وظيفة مهنية ـ على الأقل ـ في الولايات المتحدة بحلول عام 2022. ويبني المعهد تنبؤاته تلك ـ بصفة جزئية ـ على حقيقة أن كثيرًا من علماء الجيولوجيا الأمريكيين سوف يَصِلون في القريب العاجل إلى سن التقاعد، أو سوف يقتربون منه. وفي المجال الأكاديمي، على سبيل المثال، يبلغ متوسط عمر عضو هيئة التدريس في الولايات المتحدة ستين عامًا. يقول كريستوفر كين، مدير الاتصالات والتقنية بمعهد العلوم الجيولوجية الأمريكي: «سوف تصل نسبةٌ تُقدَّر بنصف قوة العمل في المجال الصناعي إلى سن التقاعد على مدار الأعوام القادمة، سواء حدث انكماش اقتصادي، أم لم يحدث. وهذه النسبة الكبيرة تمثل ـ في حد ذاتها ـ فجوة كبيرة للغاية في الكفاءات البشرية، لا بد من العمل على سَدِّها».

ورغم الفائض الحالي الكبير في إمدادات النفط، لا يزال يتحتم على شركات الطاقة استكشاف مستوى معين من النفط؛ لتحافظ على أرباحها، حسبما يقول ستيفن بارنز، مدير مجموعة أبحاث السياسة والاقتصاد بجامعة ولاية لويزيانا في باتون روج. يقول بارنز ـ الذي يتابع احتياجات القوى العاملة ◄

في قطاع النفط ـ إنّ اكتشاف حقول نفط جديدة ـ وهو أحد المهام الرئيسة للبعثات الاستكشافية ـ يتطلب درجة عالية من الخبرة. ويضيف: «سؤال المليون دولار ـ الذي لا نستطيع الإجابة عنه، لأن الشركات تتحفظ بشدة على المعلومات بشأنه ـ هو: كم عدد الشركات المستعِدة لعودة الأمور إلى حالتها الطبيعية مبكرًا؛ وبالتالي فتْح باب التوظيف من جديد؟» يقول بارنز إنه عندما يرتفع معدل الطلب على الموظفين الجدد، فإن البحث ـ على الأرجح ـ سوف يكون أولًا عن علماء الجيولوجيا المهرة، لأن المعرفة المتخصصة التي يمتلكونها ضرورية للبعثات الاستكشافية.

وسوف تفتح موجة التقاعدات المنتظَرة ـ إلى جانب التركيز الكبير على التغير المناخي والقضايا البيئية، ولا سيما في مجال تخفيف الآثار ـ الباب لخلق فرص لعلماء الجيولوجيا. وسيصبح الأثر البيئي لعملية التنقيب عن النفط واستخراجه بمثابة حافز مهم للطلب على القوة العاملة في المستقبل القريب، حسبما يتوقع كارلوس دينجو، أحد التنفيذيين السابقين لشركة «إكسون موبيل»، والمدير الحالي لمركز «برج هيوز للنظم النفطية والرسوبية» بجامعة إيه آند إم في مدينة كوليدج ستيشن بولاية تكساس.

يمتلك أولئك الذين يركِّزون على الجيولوجيا تحت السطحية الخبرةَ اللازمة لتطوير استراتيجيات، مِن شأنها التخفيف من آثار تغير المناخ، مثل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه «CCS»، التي تهدف إلى حجز غاز ثاني أكسيد الكربون تحت الأرض؛ للتقليل من مستويات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي. يقول فيليب رينجروز، أخصائي تخزين ثاني أكسيد الكربون، وخبير الجيولوجيا البترولية في شركة «ستات أويل» في تروندهايم بالنرويج: «لا يمكن بأي حال من الأحوال أن يتمكن العالَم من تحقيق الأهداف الخاصة بخفض الانبعاثات، دون استخدام تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه».

وفي الوقت الحالي، لا يمكن لأي شخص أن يحدد بالضبط ما إذا كان الطلب سوف يرتفع، أم لا، ولا متى سيحدث ذلك. ونظرًا إلى التكلفة العالية لاحتجاز الكربون، وعدم وضوح الجهة التي ستتحمل تلك التكلفة، فإن تبنِّي هذه التقنية ما يزال عسيرًا. ففي نوفمبر الماضي، ألغت حكومة المملكة المتحدة استثمارات مقترحة، قيمتها مليار جنيه إسترليني (1.4 مليار دولار أمريكي) في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، ولكن كلًّا من النرويج وكندا لديهما مشروعات في المجال ذاته، لا تزال قيد التنفيذ، وبتمويل حكومي. ورغم تلك الحالة الضبابية، حسبما يقول رينجروز، فإن تمويل أبحاث احتجاز الكربون وتخزينه يشهدان تزايدًا على المستوى العالمي.

وحيث إن قطاع الطاقة يعاني هبوطًا، يمكن لعلماء الجيولوجيا التطلع إلى مجالات أخرى، حسبما يشير كين. ففي فترات الهبوط السابقة، كانت المهارات الخاصة بالجغرافيا المكانية مطلوبة في مجال الاتصالات؛ لتصميم خرائط شبكات الهواتف المحمولة، وكانت كفاءة هؤلاء العلماء في إدارة المشكلات الكمية سببًا في تزايد الطلب عليهم من الشركات المالية.

ما بعد علوم الأرض

يبحث بعض محلِّلي الطاقة ما إذا كان بمقدور الحياة الأكاديمية تخريج الخبرات التي تحتاجها كل من الشركات، والحكومات، والقطاع غير الهادف إلى الربح، على مدار العقد القادم أو نحوه، أم لا، مع الأخذ في الاعتبار تَقَدُّم القوى العاملة في السن، وتوقُّع أن يتجاوز الطلب على التدريب طاقة البرامج الحالية. ففي الولايات المتحدة، انخفضت النسبة الإجمالية للتمويل الفيدرالي المخصص للأبحاث الأكاديمية في مجال علوم الأرض بمقدار النصف منذ الثمانينات، عندما كانت تمثل 11% من التمويل المخصص للأبحاث الأساسية. وذهبت الزيادات المخصصة لتمويل الأبحاث الجيولوجية إلى مجال العلوم البيئية، وعلوم الغلاف الجوي. وتتفاقم المشكلة بالنظر إلى حقيقة أن أقسام الجيولوجيا في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة تميل إلى الاعتماد على التمويل القادم من صناعات النفط والغاز، الذي يتناقص عادةً في فترات الركود.

> «رغم الصعود والهبوط اللذين يعتريان هذه الصناعة، من المدهش استمرار الطلب على المهارات الجيولوجية».

يقول دينجو: «عندما بدأتُ العمل في جامعة إيه آند إم في ولاية تكساس منذ عامين، كان المركز الذي أعمل فيه يقدم 11 منحة زمالة، بتمويل مباشر من قطاع الصناعة. أما في العام الحالي (2016)، فلدينا 4 فقط». ويسهم ما يصل إلى 100 برنامج من بين أكثر من 400 برنامج لدراسة الماجستير في علوم الأرض في الولايات المتحدة حاليًّا في تخريج معظم الموظفين الجدد في شركات النفط والغاز.

ووفقًا لقول دينجو، ترغب هذه الشركات في التخلي عن أسلوب خفض الدعم أثناء فترات الهبوط، وهو ما يضر بمصلحة علماء الجيولوجيا، وتدريبهم. وهناك شركات تتطلع إلى دعم الجهود التي تجمع بين الخبرتين العملية والأكاديمية في تدريب طلاب الدكتوراة. يقول جوناثان كريج، النائب الأول لرئيس شركة «إيني» لشؤون التنقيب، وهي شركة تعمل في مجال النفط والغاز، ومقرها ميلانو في إيطاليا: «نحن نقوم برعاية عدد كبير من الطلاب، ونستخدم تلك الطريقة؛ لإيجاد الأشخاص الذين نرغب في توظيفهم». وقد أسهم دعم الصناعة في تيسير عملية إطلاق مبادرة للتدريب في المملكة المتحدة، حيث قدمت 11 شركة من شركات الطاقة إسهامات مالية إلى مركز تدريب طلاب الدكتوراة في مجالي النفط والغاز، التابع لمجلس بحوث البيئة الطبيعية في جامعة هيريوت وات في إدنبرة بالمملكة المتحدة، وهو المركز الذي تعيد فيه هيئة المساحة الجيولوجية البريطانية توطين 160 عالِمًا من علماء الجيولوجيا التابعين لها.

وباستثمار قدره عشرة ملايين جنيه إسترليني، مقدَّم من مجلس بحوث البيئة الطبيعية، وشركات، و17 جامعة، سوف يخرِّج مركز تدريب طلاب الدكتوراة 120 شخصًا ـ على الأقل ـ بحلول عام 2021. يقوم الطلاب بإجراء الأبحاث، ويتلقون تدريبًا مدته عشرون أسبوعًا، على أيدي خبراء الصناعة، الذين يشرحون لهم موضوعات متعددة، من بينها استخدام النفط، واللوائح المنظِّمة للطاقة، والأثر البيئي للأنشطة ذات الصلة بالنفط.

ويمكن لعلماء الجيولوجيا الذين ما زالوا في مستهل حياتهم الوظيفية ـ بتَدَرُّبهم على تلك المبادئ الأساسية ـ أن يحظوا بمكانة مميزة في سوق العمل. يقول جون أندرهيل ـ مدير مركز تدريب طلاب الدكتوراة ـ إن كثيرًا من التنفيذيين في مجال الصناعة يشتكون من افتقار قوى العمل الحالية إلى تلك القاعدة المعرفية. وتحتاج أربعة مجالات تحديدًا (علم طبقات الأرض، والجيولوجيا التركيبية، وعلم الرواسب، والجيولوجيا الميدانية) إلى مزيد من الدعم؛ لتفادي ما يُطلق عليه أندرهيل «جيولوجيا النينتندو»، التي تتميز باعتمادها الزائد على الخرائط ثلاثية الأبعاد، والتقنيات البصرية الحاسوبية.

إضافة إلى امتلاك المبادئ الأساسية لعلم الجيولوجيا، فإن الجيولوجيين الأكثر امتلاكًا للمهارات التي يطلبها السوق لديهم أيضًا مهارات كَمِّيّة وشخصية تتميز بالقوة، وتشمل التواصل، والقدرة على العمل في فريق، وتقبُّل الثقافات المغايرة. ولهذه الغاية.. قام دينجو باستحداث ثلاث وظائف تدريسية ـ بدوام جزئي ـ في جامعة إيه آند إم بولاية تكساس، على أن يقوم بشَغْلها تنفيذيون سابقون في مجال الصناعة، ممن يستطيعون مشاركة خبراتهم العالمية وحنكتهم العملية، إلى جانب الخبرة الفنية التي يتمتعون بها.

أخيرًا.. فإن عنصر الكفاءة الأساسي الذي يميز علماء الجيولوجيا ـ المتمثل في قدرتهم على اكتشاف وقياس ما يحدث في باطن الأرض عن بُعْد ـ سيظل مرغوبًا بشدة من قِبَل أرباب العمل، داخل وخارج قطاع الطاقة. يقول رينجروز: «رغم الصعود والهبوط اللذين يعتريان هذه الصناعة، فإنه من المدهش استمرار الطلب على المهارات الجيولوجية، حتى في أحلك الظروف». ■

فيرجينيا جوين كاتبة حُرَّة، تعيش في بورتلاند بولاية أوريجون.

قطاع متقلِّب

نصائح لعلماء الجيولوجيا البترولية؛ من أجل البقاء

ينبغي لعلماء الجيولوجيا الذين يستهلون حياتهم الوظيفية أن يدركوا أن الفرص المتاحة في مجالهم تزيد وتنقص تبعًا لأسعار النفط. يقول كارلوس دينجو، مدير مركز برج هيوز للنظم النفطية والرسوبية بجامعة إيه آند إم في كوليدج ستيشن: «الأمر الوحيد الثابت في هذه الصناعة هو التغير. ولذا.. عليك أن تتعايش مع تلك الحقيقة». وإليك بعض النصائح للعمل في هذا القطاع.

- **أظهِرْ قدرتك على التفكير النقدي، وحل المشكلات..** فمِن شأن ذلك أن يؤكد استعدادك للعمل في ظل أحوال ضبابية، ومعلومات غير مكتملة.
- **اصقلْ مهاراتك في القيادة، والتعامل مع الآخرين، والتكيف مع الثقافات المختلفة..** فحسبما يقول دينجو، تكتسب هذه المهارات أهمية متزايدة لدى شركات النفط والغاز.
- **كن مستعدًّا للانتقال إلى أي مكان، من أجل العمل.** يقول نك سكوفيلد، مدير برنامج الماجستير في الجيولوجيا البترولية المتكاملة بجامعة أبردين في المملكة المتحدة: «صناعة النفط اقتصادٌ عالميّ».
- **أعِدَّ نفسك لمستقبل ضبابي..** ولكن في الوقت نفسه، عليك أن تدرك أن المحللين يتوقعون أن يفي النفط والغاز بأكثر من 40% من الطلب العالمي على الطاقة في الأربعة وعشرين عامًا القادمة.
- **المهارات الكَمِّيّة يمكنها تعزيز الأمن الوظيفي.** يمكن أن تمنحك الخلفية الرياضية القوية ميزة نسبية أثناء فترات الهبوط، وفقًا لما تشير إليه البيانات الواردة من معهد العلوم الجيولوجية الأمريكي في الإسكندرية بولاية فيرجينيا، الذي يتتبَّع اتجاهات القوى العاملة. **فيرجينيا جوين**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


DMITRI GUZHANIN/GETTY

عمـود

العبـور إلى عالـم الأعمـال

يرى **بيتر فيسك** أنه يجب على الحاصلين على درجة الدكتوراة ألا يقللوا من قيمة ما يمكنهم إضافته لقطاعي الصناعة والأعمال.

كان الملصَق البّرّاق المعلَّق على جدران مركز التخطيط والتوظيف المهني في جامعتِي يثير حيرتي وانزعاجي في آن واحد بكلماته: «إلى حملة الدكتوراة.. هلموا لتحصلوا على معلومات عن التوظيف في مجال الاستشارات الإدارية. يقام الليلة حفل استقبال لتسجيل أسماء الراغبين».

وبوصفي من طلاب الدكتوراة في تخصص الجيولوجيا، كانت معلوماتي محدودة عن اسم شركة الاستشارات التي تولّت تنظيم تلك الفعالية. كان أحد أصدقائي قد حصل على وظيفة في تلك الشركة بعد تخرُّجه، وكنت أسمع أنه يتقاضى راتبًا كبيرًا، ويسافر كثيرًا، وأنه كان ينوي العودة إلى الجامعة؛ للحصول على درجة الماجستير في إدارة الأعمال. وإلى أنْ رأيت الملصق، لم يكن ليخطر ببالي أن شركة تعمل في مجال الاستشارات الإدارية الاستراتيجية يمكنها حتى أن تفكر في توظيف أشخاص من غير الحاصلين على درجة الماجستير في إدارة الأعمال، ناهيك عن توظيف حملة الدكتوراة تحديدًا.

تقدمتُ بطلب للحصول على وظيفة، وخُضْتُ سلسلة من المقابلات، التي وصلت إلى ذروتها بقضاء يوم كامل في المقابلات بمكتب الشركة في لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا. وفي نهاية الأمر، لم أتلق عرضًا بوظيفة، ولكنها كانت تجربة مفيدة للغاية. وفي المجمل، كنت مندهشًا مِن أن يكون بمقدور باحث حاصل على الدكتوراة حديثًا أن يحصل على 160 ألف دولار أمريكي فور التحاقه بالعمل، وكان ذلك في عام 1994.

انتقل بي شريطُ الأحداث سريعًا إلى ما بعد ذلك التاريخ بمدة 22 عامًا. فالآن، وبصفتي المدير التنفيذي المسؤول لإحدى شركات التكنولوجيا الأمريكية، أقوم باستقطاب الحاصلين على الدكتوراة؛ للعمل في وظائف في مجالَي التقنية، والأعمال. وقد لاحظت أن الأشخاص الحاصلين على درجة الدكتوراة عبر جميع التخصصات العلمية يمتلكون كثيرًا من المهارات المطلوبة بشدة في الاقتصاديات الراهنة. فإذا كنتَ قد حصلتَ على الدكتوراة، فذلك يعني أنك تعرف ـ على سبيل المثال ـ كيف تحلل البيانات، كما أنك تفهم كيف تقوم بفحص نتائج تلك التحليلات؛ للوصول إلى استنتاجات معينة. وفي بعض الأمور المهمة، تكون مؤهَّلًا بشكل أفضل من الأشخاص الحاصلين على ماجستير في إدارة الأعمال، من حيث قدرتك على تقديم إسهامات لها قيمتها في قطاع الأعمال. فقد تعلمت المرونة والثبات في مواجهة حالات الشك وعدم اليقين، وفي ظل موارد محدودة.

رغم ذلك.. تظل أنت وغيرك الكثير من الحاصلين على الدكتوراة، وكذلك البرامج التي تخرجتم فيها، على غير دراية ـ إلى حد كبير ـ بالفرص المتاحة خارج النطاق الأكاديمي، أو غير مهتمين بها. وبالمثل، فهناك شركات ـ مثل شركة الاستشارات تلك التي رأيت ملصق التوظيف الخاص بها منذ أكثر من 20 عامًا ـ قد أقرَّت بشكل استباقي بمدى الفوائد التي يمكنك أنت وزملاؤك جَلْبها إلى تلك الشركات، وهم الآن يحصدون النتيجة باستفادتهم من مواهب ومهارات لحملة الدكتوراة.

أنت هكذا بوضعك الحالي تضرّ بنفسك، فبصفتك من الحاصلين على الدكتوراة، ينبغي عليك أن تحمل تقديرًا للبرنامج الذي حصلتَ من خلاله على درجتك العلمية، نظرًا إلى ما منحك إياه من المهارات التي يمكنك الاستفادة منها في قطاع الأعمال (انظر: «أفضل المهارات التي يمكن الاستفادة منها في قطاع الأعمال»)، وأن تقر بأنّ تلك المهارات تمنحك ميزات ذات أهمية مباشرة، تفوق ما لدى نظرائك من خريجي كليات إدارة الأعمال. فأنت الآن لست بحاجة إلى درجة علمية في الأعمال، أو إلى قدر إضافي كبير من التدريب؛ من أجل الحصول على وظيفة مُرْضِية، تتقاضى منها راتبًا كبيرًا في قطاع الأعمال. هل تحتاج إلى مزيد من الإقناع؟ دعني أتفحص معك الفروق ما بين مكوِّنات التدريب لكل برنامج من برامج الدرجات العلمية.

في برامج ماجستير إدارة الأعمال المعتادة، ينصت الطلاب إلى محاضراتهم، ويعملون على مشروعاتهم، ويتعلمون أمورًا تخص الموضوعات ذات الصلة بالأعمال، مثل الاقتصاد، والشؤون المالية، والمحاسبة، والسلوك المؤسسي، والقانون. وبصفة أساسية، يتميز ماجستير إدارة الأعمال بأنه برنامج تقليدي، يعتمد على خبرة تعليمية، ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أساسها المقررات الدراسية. ورغم أن برامج التدريب والمؤسسات المعتمِدة على الطلاب تتيح كثيرًا من الفرص للحصول على خبرة عملية مباشرة، فإن النجاح في كلية إدارة الأعمال يعتمد ـ بصفة أساسية ـ على الحصول على درجات جيدة. ويتخرَّج الطلاب بعد عامين تقريبًا، ويستطيع أوائل الناجحين الحصول على وظائف برواتب تبدأ من 150 ألف دولار، أو أكثر.

تتطلب غالبية برامج الدكتوراة أداء قدر هائل من الأعمال والواجبات الدراسية، ولكنك عندما كنتَ تدرس في برنامج الدكتوراة، ربما تكون قد أمضيت وقتًا أطول من وقت الدراسة أو الإنصات إلى المحاضرات فحسب في «ممارسة الأداء العملي». فمن المؤكد أنك قمت بإجراء الأبحاث التي ربما تكون قد تضمنت عملًا ميدانيًّا، وقمتَ بالتدريس للطلاب الأصغر منك سنًّا، بل من الممكن أن تكون قد شاركت في تأليف مخطوطة بحثية واحدة على الأقل.

طوفان البيانات

يجني طلاب الدكتوراة في مجال العلوم تحديدًا فائدة كبيرة من انغماسهم شبه الدائم في التقنيات الناشئة، وبخاصة في مجال تحليل البيانات، واختبار الفرضيات. وتُعَدّ هذه ميزة عظيمة في عالم الأعمال؛ فكل قطاع صناعي أو نمط من أنماط الأعمال يعتمد الآن على التقنيات والبيانات بدرجة أكبر من أي وقت مضى. ولُوحِظ في المجال الاقتصادي في الوقت الراهن أن حجم البيانات التي تستخدمها الشركات والأعمال ومدى تشابكها يتطلب من المديرين والتنفيذيين فهم أساسيات تحليل البيانات والإحصاء، إلى جانب امتلاك قدرة أعمق على وضع الفرضيات العلمية، واختبارها، وكذلك بناء النماذج، والتحقق من صحتها.

كذلك يمتلك حمَلة الدكتوراة في التخصصات العلمية ميزة إضافية، تتمثل في أن الابتكار التكنولوجي ليس مجرد مفتاح لتطوير المنتجات والخدمات فحسب، بل إن العلم والتكنولوجيا يُعَدّان حاليًّا جزءًا لا يتجزأ من الأدوات المستخدمة في إدارة الشركات والأعمال. فعلى سبيل المثال.. تَستخدم برمجيات إدارة العلاقات مع العملاء خوارزميات إحصائية متقدمة، تقوم بتحليل الاتجاهات، وتحديد المتغيرات المهمة، مثل سلوك المستخدِم، واتجاهات التسعير. وعادةً لا يتلقى خريجو ماجستير إدارة الأعمال ذلك التدريب، ولا يواجهون تلك الشروط والمتطلبات في برامجهم الدراسية، في حين أن تلك المتطلبات تمثل جزءًا لا يتجزأ من برامج الدكتوراة.

خلاصة القول هي أن تجربة الحصول على الدكتوراة تحاكي ما يدور في الواقع في دنيا الأعمال بدرجة تزيد عما تقدِّمه برامج ماجستير إدارة الأعمال. ولو كان هناك ما يُلزِم المؤسسات التعليمية بتدريب طلاب ماجستير إدارة الأعمال بالطريقة نفسها التي يتدرب بها طلاب الدكتوراة، فإن تلك المؤسسات سوف تفرض على طلاب إدارة الأعمال إتمام جميع الأعمال الدراسية المطلوبة، وتدشين شركة ناجحة.

وإذا سَلَّمنا بأن درجة الدكتوراة تمثل ركيزة تدريبية قوية للنجاح في القطاع الخاص، يمكن للمرء أن يفترض أن هذه القيمة لا بد أن تنعكس على قيمة الرواتب التي يتقاضاها الحاصلون على الدكتوراة، مقارنة بنظرائهم من الحاصلين على ماجستير إدارة الأعمال، ولكنْ ـ مع الأسف ـ فالعكس هو الصحيح.

على سبيل المثال.. وحسب ما يذكره موقع Salary.com ـ وهو بمثابة قاعدة بيانات كبرى للرواتب ـ ففي الولايات المتحدة يتقاضى عالِم الكيمياء الحيوية الحاصل على الدكتوراة، ولديه خبرة عمل مدتها خمس سنوات بعد الدكتوراة في المتوسط، راتبًا سنويًّا يبلغ 68 ألف دولار تقريبًا عند تعيينه في وظيفة «عالِم كيمياء حيوية، حاصل على الدكتوراة، في فئة الدرجة الثالثة»، (وهو مسمى وظيفي معروف في قطاع الصناعة). وعلى النقيض من ذلك.. يحصل الشخصُ الحاصل على درجة الماجستير في إدارة الأعمال، ولديه أيضًا خمس سنوات من الخبرة في مجال العمل عند تعيينه في وظيفة «مشرف أبحاث تسويقية في فئة الدرجة الثالثة» على الأرجح على 91 ألف دولار.

تتطلب الوظيفتان قدرة على تحليل البيانات، وتجميع البيانات الفنية، وإجراء الاختبارات؛ للتحقق من الفرضيات، والإشراف على فريق عمل. وفي حين أنه من شبه المؤكد ألا يستطيع مشرف الأبحاث التسويقية أن يقوم بمهام وظيفة عالِم الكيمياء الحيوية الحاصل على الدكتوراة، فإن عالِم الكيمياء الحيوية يمكنه بسهولة أداء جميع الواجبات المكلَّف بها مشرف الأبحاث، فقط بقَدْر بسيط من التدريب المخصص لذلك الغرض.

عبور الفجوة

هنا.. يكمن الخلل. فإذا كانت درجة الدكتوراة تمنح الحاصلين عليها مجموعة من نقاط القوة والمهارات التي يمكن الاستفادة منها في قطاع الأعمال، فلماذا لا يطالب حمَلة الدكتوراة فورًا بمَنْحهم رواتب أعلى؟ يكمن جزء من المشكلة في أن طلاب الدكتوراة عادةً لا يتلقون ذلك النوع من التدريب الخاص في مجال المهارات التي تحظى بقدر كبير من التقدير في قطاع الأعمال. فالمهارات المهنية العملية ـ مثل التفاوض، والتواصل، واستراتيجية العمل، وأساسيات الاقتصاد، والتسويق ـ تحظى جميعها باهتمام كبير في المقررات التي يتم تدريسها في البرامج الرائدة لماجستير إدارة الأعمال.

وفي الوقت ذاته، تقوم مجموعة قليلة من الجامعات البحثية بتدريب طلاب الدكتوراة على تعلُّم أساسيات مجال الأعمال؛ وقد بدأت مؤسسات معينة ـ مثل جامعة برنستون في نيوجيرسي ـ في تقديم مقررات التطوير المهني للدارسين في برامج الدكتوراة لديها. وعلى الأرجح، سوف يجد خريجو تلك الأماكن فرصًا مهنية واقتصادية أفضل ممن ينقصهم ذلك التدريب؛ لأنهم أُعِدُّوا بشكل أفضل للمنافسة في نطاق واسع من الفرص الوظيفية.

ربما تكون هناك عقبة أمام برامج التعليم في مجالي العلوم والهندسة ـ وأمام الهيئات التي تقوم بتمويل تلك البرامج ـ في دعم فكرة تنفيذ دروس أو مبادرات التطوير المهني؛ فالمجال البحثي يزدهر ازدهارًا كبيرًا بوجود ذخيرة وفيرة من طلاب الدكتوراة والخريجين الجدد من أصحاب المواهب البارزة والدوافع القوية، ولا يميل المجال إلى خسارة هؤلاء بذهابهم إلى قطاع الأعمال.

مع ذلك.. فإنّ تزايد المنافسة على أصحاب المواهب من الحاصلين على الدكتوراة من جانب القطاع الخاص سوف يؤدي ـ بلا شك ـ إلى زيادة الرواتب لخريجي الدكتوراة الذين ما زالوا يخطون خطواتهم الأولى في مجال الأعمال. إضافة إلى ذلك.. تعتمد الهيئات التي تقوم بتمويل قطاع العلوم على برامج الدكتوراة، وعلى المستشارين الأفراد في توفير القدر الأكبر من التطوير المهني لطلابهم. فالكثير

الموهبة بداخلك

أفضل المهارات التي يمكن الاستفادة منها في قطاع الأعمال

إذا كنتَ حاصلًا على درجة الدكتوراة في مجال العلوم، فلربما أَخبَرك أساتذتك ومشرفوك وأخصائيو التطوير المهني في برنامجك أنك سوف تحتاج إلى تطوير عدد كبير من المهارات الجديدة؛ من أجل تحقيق النجاح في أي قطاع خارج النطاق الأكاديمي، لكن الواقع أن برنامج الدكتوراة الذي درستَه قد منحك بالفعل كثيرًا من المهارات التي تُعَدّ مهمة وحاسمة في مجال الأعمال، والتي يمكن أن تُقارَن بالمهارات التي يتم اكتسابها في برامج الدراسات العليا في مجال الأعمال، بل وقد تتجاوزها في بعض الأحيان. وفيما يلي بعض الأمثلة.

- **تحليل البيانات:** تم تدريبك على جمْع البيانات، وتقييمها، وتركيبها، وتقديمها، وعلى اكتشاف العلاقات، والارتباطات، والاتجاهات. وبالمثل، يعتمِد عالَم الأعمال بشكل متزايد على المنهجيات نفسها في تطوير الاستراتيجيات، والتعرف على الفرص المتاحة.
- **سعة الحيلة:** ربما كان لزامًا عليك استحداث تجارب ومنهجيات وتحليلات، عن طريق استخدام قَدْر محدود من الموارد، وفي ظل قيود زمنية صارمة. وعادةً ما يواجه رجال الأعمال الناجحون تحديات صعبة؛ من أجل تطوير منتَج، أو خدمة معينة في ظل الصعوبات نفسها.
- **الوعي التقني:** تم تدريبك على فهم الأسس الخاصة بمجموعة من التقنيات. ويشكِّل الكثير من تلك التقنيات لب المنتجات والخدمات في القطاع الخاص.
- **المرونة:** ربما تكون قد صادفتك عراقيل غير متوقَّعة في أبحاثك، أو دراساتك، ولكنك تغلبتَ عليها؛ من أجل الوصول إلى أهدافك. هذه المرونة في وجه التحديات غالبًا ما تميِّز روّاد الأعمال الناجحين عن غيرهم من أصحاب الأعمال.
- **إدارة المشروعات:** إن إتمامك درجة الدكتوراة وحصولك عليها يتطلب تنسيقًا وتخطيطًا زمنيًّا، يشمل العديد من الموارد والأشخاص المتباينين، إضافة إلى التفكير في جميع الجوانب الخاصة بمشروع أو نشاط معقد. ويُعَدّ مسار العمل هذا مكوِّنًا رئيسًا في عالَم الأعمال.
- **حل المشكلات:** كان لزامًا عليك استخدام أفكار جديدة، وأطر مرجعية مبتكرة؛ للتعرف على المشكلات التقنية؛ وحلها. وهذه القدرة على وضع إطار جديد للمشكلات؛ من أجل الوصول إلى حلول جديدة ومبتكرة مهارةٌ أساسية في مجال الأعمال.
- **إجادة اللغة الإنجليزية:** إنك ـ في الغالب ـ تجيد اللغة الإنجليزية، التي تُعَدّ اللغة الأكثر انتشارًا على المستوى العالمي في دنيا الأعمال.
- **مهارات التواصل المكتوب:** غالبًا ما يمتلك الحاصلون على الدكتوراة خبرة واسعة في الكتابة، ووصف الأفكار والمنهجيات المعقدة. وتُعَدّ مهارة التواصل الخطي بفاعلية من بين الأمور بالغة الأهمية؛ لتحقيق النجاح في مجال الأعمال. **بيتر فيسك**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من أعضاء هيئة التدريس في المجال البحثي يفتقرون إلى الخبرة الكافية بالصناعة، أو بالتطوير المهني، التي تمكّنهم من تقديم التدريب ذاته الذي يتلقاه طلاب ماجستير إدارة الأعمال، كجزء متعارف عليه في برنامجهم الدراسي؛ للحصول على درجتهم العلمية. ورغم ذلك.. فلو أن نسبة أكبر من الحاصلين على الدكتوراة انتقلت إلى قطاع الأعمال، يمكن أن يشكل ذلك ضغطًا على الجامعات؛ من أجل توفير ذلك التدريب، وعلى هيئات التمويل، لكي تشترط الحصول عليه.

في الوقت ذاته، يمكن سد تلك الفجوة في التدريب بسهولة، من خلال الحصول على دورات أو برامج قصيرة الأمد في مهارات الأعمال. وهناك دورات كثيرة كتلك متاحة إلكترونيًّا في صورة دورات ضخمة مفتوحة على شبكة الإنترنت، وبعضها يقدم شهادات للدارسين. مع ذلك.. فإن العائق الأكبر الذي يمنع طلاب الدكتوراة من الحصول على وظيفة براتب كبير في قطاع الأعمال، بغض النظر عن ندرة برامج التطوير المهني المتاحة أمامهم، يتمثل في معتقداتهم الشخصية بشأن نوعية العمل، الذي أصبحوا مؤهَّلين ومُعَدِّين لممارسته بكفاءة.

بصفتك شخصًا حاصلًا على الدكتوراة، ربما ترى نفسك ـ في الأغلب ـ أنك عالِم بحثيّ، فالمجموعة الكبيرة من المهارات القيمة التي يمكن الاستفادة منها في قطاع الأعمال، والتي قمت بتنميتها على مدار دراستك في كلية الدراسات العليا لا يتم الاعتراف بها، أو التعبير عنها في الحياة الأكاديمية، فمعظم حمَلة الدكتوراة يُقْصِرون عملية البحث عن وظيفة على المجالات التي يشعرون أنهم مؤهَّلون للعمل فيها، بدلًا من استكشاف ما هم قادرون على عمله.

«قطاع الأعمال حافل بالمشكلات المثيرة، والمعقدة، والمُحفزة فكريًّا».

وبوصفك أيضًا من الحاصلين على الدكتوراة، ربما تعتقد أن النطاق الأكاديمي هو القطاع الوحيد الذي يمكنك فيه أن تتمتع بالحرية الفكرية، وأن تتعامل مع مشكلات صعبة، لكن هذا غير صحيح، فقطاع الأعمال حافل بالمشكلات المثيرة والمعقدة والمحفزة فكريًّا، ويمكن أن يسفر حل تلك المشكلات عن فوائد جمَّة لمن يقوم بحلها، وللمجتمع ككل.

في الوقت الراهن، بدأ بعض الأشخاص التعرف على هذه الحقيقة الواقعة، حيث بدأ طلاب الدراسات العليا وباحثو ما بعد الدكتوراة في تنظيم برامج التطوير المهني الخاصة بهم، وأحيانًا يقومون باستقطاب أساتذة من كليات إدارة الأعمال؛ لمساعدتهم (انظر: *Nature* **485**, 269–270; 2012).

وتشهد الفترة الحالية إنشاء مزيد من الشركات، وبخاصة الشركات ذات الصلة بمجال التقنيات، التي إمّا يقوم بتدشينها خريجو برامج الدكتوراة، أو يضم الفريق المؤسِّس لها شخصًا حائزًا على الدكتوراة. وكلما زاد عدد طلاب الدكتوراة والحاصلون عليها، الذين يتعرفون على تلك الفرص من خلال إخوتهم في النضال؛ استطعنا أن نتوقع مزيدًا من الاهتمام بوظائف قطاع الأعمال من قِبَل حمَلة الدكتوراة، وسعيًا أكبر نحو الحصول عليها. لذا.. فرسالتنا إلى الحاصلين على درجة ماجستير الأعمال تتلخص في كلمتين.. «خذوا حذركم». ■

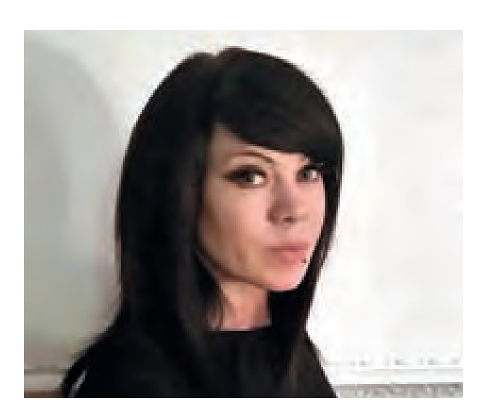
بيتر فيسك المدير التنفيذي لشركة «باكس» PAX لتقنيات المياه في ريتشموند بولاية كاليفورنيا، ومؤلف كتاب «درجتك العلمية سبيلك إلى العمل» *Put your Science to Work*، (الاتحاد الجيوفيزيائي الأمريكي، 2001).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نقطة تحوُّل

خبيرة تكرار النتائج البحثية

في العام الماضي، قَبِلت عالمة الأعصاب جِن وير منصبًا أُتيح للمرة الأولى، لتتولى إدارة قسم تصميم التجارب بمؤسسة علاج مرض هنتنجتون «CHDI» في نيويورك، وهي منظمة غير ربحية، تهدف إلى البحث عن علاج لذلك المرض. وتساعد جِن العلماء الذين تمولهم المؤسسة في التخطيط الجيد لأبحاثهم وإجرائها.



كيف تبادَر إلى ذهن المؤسسة إنشاء هذا المنصب؟

يفضي انخفاض قابلية تكرار نتائج الأبحاث إلى سوء توجيه الجهود المبذولة، وإلى إهدار الكثير من المال. وكان الدافع وراء إنشاء هذا المنصب الذي أشغله هو قلق المؤسسة حيال جودة الأبحاث العلمية ودِقَّتها. وقد بلغ هذا القلق أوجه العام الماضي حين كان رئيس المؤسسة يتحدث إلى ماركوس مونافو، المشرف على أبحاث ما بعد الدكتوراة الخاصة بي بجامعة بريستول بالمملكة المتحدة. لقد قام بعمل تحليلات إحصائية لدراسات في مجال علم الأعصاب، أظهرت أنه عندما تكون أحجام العينات المستخدمة في الدراسة غير وافية، فربما يؤدي ذلك إلى نتائج خاطئة، سواء أكانت إيجابية، أم سلبية (K. S. Button *et al*. *Nature Rev. Neurosci*. **14**, 365–376; 2013).

ما هي المهام التي تضطلعين بها بحُكْم منصبك؟

من بين المهام التي أقوم بها.. التنسيق من أجل مراجعة بروتوكولات الدراسة من قِبَل لجنة مستقلة، ونقل ملاحظاتهم إلى العلماء قبل إجراء الدراسات. وبناءً عليه.. تتحدد مدى ملاءمة كل من الطرق المعتزم إجراؤها وحجم العينات، لموضوع البحث. أقوم كذلك بتدريب الباحثين في مرحلة ما بعد الدكتوراة على الإحصاءات، والطرق المتبعة في المعامل التي نعمل معها. ونأمل أن ننظم دورات تدريبية عبر الإنترنت يمكن لباحثي ما بعد الدكتوراة حضورها، والحصول شهادات تفيد اجتيازهم لها.

هل يشعر الباحثون بالقلق حيال الجهد الإضافي الذي يتطلبه ذلك؟

أقوم حاليًّا بتعريفهم بالسياسات الجديدة الخاصة بمراجعة البروتوكولات. ربما يتطلب الأمر في البداية بذل جهدٍ أكثر قليلًا من المعتاد، ولكن عندما يكتمل المشروع، ستكون عملية تقييم الأبحاث أكثر سهولة. إنني أحاول جعل الأمور تسير بطريقة أيسر من ذي قبل.

حَدِّثينا عن خبرتك السابقة.

كان مساري المهني مليئًا بالانعطافات؛ إذ بدأ بحصولي على درجة البكالوريوس في علم النفس بجامعة كارديف بالمملكة المتحدة، ثم قررت أن أعمل في مجال استشارات الإدمان، وكنت جزءًا من فريق يقدِّم الخدمات والبرامج الإصلاحية للشباب، مما سمح لي بالعمل في الصفوف الأمامية في مجال التصدي لإدمان المخدرات. ولهذا.. قررت أن تكون رسالتي للدكتوراة في مجال علم الأعصاب.

وكيف وصلتِ إلى تصميم التجارب؟

كنتُ قد أجريتُ تحليلًا على مستوى الجينوم لمستويات الكوتينين لدى المدخنين، أثناء دراستي للدكتوراة. والكوتينين هو المُستقلَب الأساسي للنيكوتين، وهو يقيس كثافة التدخين بدرجة أدق من غيره من أساليب القياس الأخرى، مثل اللجوء إلى إفادات المدخِّن الذاتية. وعلى الرغم من أن حجم العينة لدينا لم يكن يتجاوز 4,500، إلا أن نتائجنا كانت تضاهي نتائج دراسات استعانت بأحجام عينات أكبر بأربع أو خمس مرات، ولكنها استخدمت معاييرَ أقل دقة. ولاحقًا، عكفتُ لبعض الوقت في جامعة ستانفورد في كاليفورنيا على رصد التحيزات في دراسات التصوير بالرنين المغناطيسي «MRI» مع جون إيوانيديس، المهتم ببحث مستويات الدقة العلمية. كما سمعت قصصًا من باحثين في مرحلة ما بعد الدكتوراة، قيل لهم إن مهمَّتهم أن يجدوا روابط مهمة بين البيانات، أو بالأحرى أن يبحثوا عن مؤشر القيمة الاحتمالية *P*-value. أسهم ذلك كله في توجيه اهتمامي إلى الأبحاث الفوقية (أي إجراء أبحاث عن الأبحاث)، والتدقيق العلمي أيضًا.

ماذا تعلمتِ عن التحليل الإحصائي؟

تعلمت أنه لا معنى لمؤشرات القيمة الاحتمالية «بي»؛ فقد تحصل على نتيجة ذات مؤشر منخفض للغاية، ولكن ذلك قد يكون ناتجًا عن عامل غير سريري أو غير بيولوجي. نحتاج إلى أن نضع في الاعتبار ما إذا كانت الدراسات تتضمن ما يكفي من المشاهدات للاستدلال على فارق ذي معنى بين مجموعتين، فالنتائج عديمة الأهمية التي قد تصدر عن دراسة متينة، ربما تكون أنفع من نتائج مهمة لدراسة لم تُجرَ بصورة مُرضية.

هل شعرتِ بالقلق كونك أول من يشغل هذا المنصب الجديد؟

لم أتهيب قبول العرض، ولكني سأكون كاذبة إن قلت إني لم ينتبني شيءٌ من الخوف. كان ذلك تحولًا من المجال الأكاديمي إلى مؤسسة غير ربحية، وتحولًا من المملكة المتحدة إلى الولايات المتحدة. حدثت تغيرات كثيرة دفعة واحدة. ولكنني أشعر أنها كانت نقطة التحول الصحيحة بالنسبة لي. ■

أجرت هذه المقابلة: مونيا بيكر

تم تحرير هذه المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

الرجل الذي يسكنه عنكبوت

عَقْد الفرار

محمد عاطف سليم

«أريد إعفائي ...».

«عفوًا يا سيدي ...؟» لقد أخطأتُ السمع بالتأكيد.

«أريد الخروج».

بدا على موظفة الاستقبال بعض الفزع.. ونظرت خلسة إلى جهاز الحَقْن الوريدي المتصل بساعد الرجل، ثم قالت بنبرة مترددة: «سيدي، هل.. تُدرِك ما تقول؟ نحن نقدم مجموعة كبيرة من المواد الفعالة؛ لإبطال تأثير الدواء، وذلك لكل أنواع العقاقير، ونضمن أنها لا تؤثر على شعورك بالمتعة فيما بعد...»

«لكنني أعي ما أقول!» أصاب كاروسي الذعر حين سمع صوته مضطربًا.. «من فضلك، أريد أن أرحل».

«لكنني.. لا أعتقد أن هذا ممكن يا سيدي».

«أعلم أنني وَقَّعْت على العقد، لكنني غيّرت رأيي. افعلوا بي ما شئتم.. أي شيء.. ما عدا هذا. لا يمكنني الاستمرار في ذلك. إنني أحتاج أن أرى زوجتي».

نظرَتْ الموظفة مجددًا إلى ذراعه..

«من فضلك! إنْ كنتِ لا تستطيعين مساعدتي، فأرجو أن تأتي لي بمَن يستطيع؟».

«أنا.. حسنًا يا سيدي، بكل تأكيد. اجلس من فضلك».

ذهبت الموظفة باتجاه إحدى الغرف الخلفية، وأخذ كاروسي يحدق بقلق من النافذة. بدت أمامه السماء بلونها الأزرق فوق السهول الخضراء؛ ورأى طائرًا يحلّق بعيدًا، فوق جبال مغطاة ببقع من الثلج. كانت تلك الصور الإسقاطية قد صُنعت للخداع؛ إذ كان مقر برنامج «الشهيد» يقع على عمق 100 كيلومتر على الأقل تحت الأرض.

كان كاروسي ـ شأنه شأن الكثيرين غيره ـ متقبِّلًا لتعاطي سيل المنبهات غير المنقطع في البداية. فبدون قسط وافٍ من النوم.. تفقِد قدرتك على إحصاء الأيام، ويصبح الزمن بمثابة متعة، تليها متعة، تليها متعة. وبالنسبة إلى غالبية الناس، تأتي ساعة الاستشهاد خلسة.. كنسمة شاردة قصيرة، ثم هدوء.

قَرَّر كاروسي بالأمس الامتناع عن تناول «الديافينيل». كان هناك شيء ما في عقله الباطن يلحّ عليه، وهو المكان الذي لا يمكن لأي دواء أن يؤثر فيه. نام للمرة الأولى منذ نحو أسبوع، وبعد ساعات.. استيقظ وهو يتصبب عرقًا. عبَر وجه كولومين أمام عينيه، فكاد يصرخ من الفزع.

في تلك اللحظة، استوطن الخوف في قاع معدته.. ذاك العنكبوت متعدد الأرجل.

كان يحتاج إلى أن يذهب إلى بيته.

كم يومًا مر عليه منذ تطوُّعه في البرنامج؟

وكم يومًا تبقَّى؟

يا له من أحمق!

كان يود خَفْض التكاليف الطبية الخاصة بوالدة كولومين... فَلْتَعِش على المسكِّنات، حتى توافيها المنية بعد سن الستين، ومن ثم، بَيْع الزيادة. كانت تلك هي الطريقة الوحيدة التي يمكنهما بها الحصول على رخصة إنجاب قبل شهر يونيو. لقد فَاتَهُما يانصيب التعقيم لسنتين متتاليتين، وبالتأكيد لن يفوتهما للسنة الثالثة، إلا إذا كانا محظوظَين للغاية.



ILLUSTRATION BY JACEY

لم يكن هناك ما يستدعي أن تعرف الأم بالأمر، لكن كولومين كانت عنيدة. «سنعمل يا كاروسي بجد، وسنحصل على الرخصة».

كانت نقاشاتهما طويلة وكثيرة، لكن الأخيرة كانت الأسوأ. خرج كاروسي من البيت مندفعًا.. كيف يمكن لكولومين أن تصر على تفضيل أمها عليه، وعلى مستقبلهما معًا؟

ربما مضت ساعات منذ خروجه من المنزل، وربما كان قد سَكِر من شُرْب الخمر، حتى وجد أمامه في مترو الأنفاق إعلانًا لمشروع «الشهيد»، يقول: «طباعة الطعام ثلاثية الأبعاد ستكتمل في غضون سنتين - في سبيل الأطفال، تطوّع كشهيد!»

وربما في لحظة انفعال، ظن أنها فكرة جيدة.

الاستشهاد! في سبيل الطفل الذي لن ينجبه أبدًا.

لم يطرح موظف التسجيل أي أسئلة، على الرغم من أن كاروسي كان يتلعثم في الحديث. الاستشهاد حق. وبدعم من الدولة، يحصل الشخص في المقابل على مُتَع مُطْلَقة غير متناهية، تستمر لمدة ثلاثة عشر يومًا. يشتّتون المرء عن إدراك الزمن ـ حسب ما سمع ـ فتبدو مدة الثلاثة عشر يومًا وكأنها أبدية.

تناهت إلى مسامعه أشياء أخرى أيضًا؛ فالشائعات تحوم حول برنامج «الشهيد»، مثلما يحوم الذباب حول الجيفة.

تدَّعي الحكومة أنه الحل الأنسب للزيادة السكانية، بحيث يُستبدل الجديد بالقديم، والمعافى بالعاجز. فقد اندثرت الأبقار منذ زمن طويل، ونضبت آبار النفط، ويقول العلماء إنه بمجرد أن يصل تعداد السكان إلى مستوى حرِج؛ ستعم الفوضى؛ وسيعاني الأطفال بالتحديد.

مع ذلك.. يصفه آخرون بالدنيء. إنهم يقولون إنه برنامج عنصري لتحسين النسل، بناءً على الطبقة الاجتماعية؛ ويقولون إنه نهج عَدَمِيّ، تحرِّكه المؤسسات. ويقولون أيضًا إن المنتمين إلى الطبقة العاملة هم وحدهم الذين يتطوعون، إذ لا يقدِّم لهم المجتمع أي خيار آخر؛ وإن البرنامج لا يمكنه إنقاذ العالَم الفاسد؛ وإن المنتمين إلى الطبقة المتوسطة يحومون في أماكن مختبئة حول العاصمة، للمقايضة على الرُّخَص التي يتنازل عنها الشهداء.

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

لم يكن كاروسي يبالي بالسياسة، ولا يبالي كثيرًا بالعالَم ككل. لقد تطوَّع، لأنه كان غاضبًا، وناقمًا، وضيِّق الأفق. وهو يدرك ذلك الآن.

«سيد أونوديج؟».

انتفض كاروسي، واستدار نحو الصوت، فرأى رجلًا يشير إليه ليذهب إلى الغرفة الخلفية. كان حسن الملبس، وبدا على وجهه قلق عميق.

ما إنْ جلسا، حتى قال الرجل: «آسف جدًّا يا سيدي.. أنا متعاطف مع وَضْعِك، لكن البرنامج لا يمكن أن يسمح بأي تراجع عن العملية؛ فالتروس تدور في اتجاه واحد».

صَفَّر العنكبوت الرابض بداخله صفارةً شرسة. قال كاروسي متوسلًا: «لكنني لم أكن بحالة جيدة!» ثم أضاف على استحياء: «وكنت سكرانًا.. كنت غاضبًا من زوجتي».

«أنا أود مساعدتك، لكن قانوننا لا يسمح بذلك». قالها الرجل، ثم ناول كاروسي جهازًا لوحيًّا ثلاثي الأبعاد. «هذا عقدك يا سيدي. في الصفحة رقم 254، يقول البند 537: ردّ الفعل الحاد للكرب لا يُعَدّ سببًا مقبولًا لحرمان المواطن من حقه في الاستشهاد».

«لكن، ماذا عن حقوقي الآن؟».

«يتمتع الشهداء بحقوق أساسية، لكن حقهم في الاستشهاد يُبطِل كل ما عداه». تَوَقَّف الرجل لوهلة، ثم أكمل: «عليك أن تفهم أن البرنامج لا يعمل، إلا إذا قام الجميع بأدوارهم. الحكومة تعوض المواطن بنصيب مناسب من المُتَع، وفي المقابل.. تتخلَّى أنت عن حقك في الحياة».

أَحَسَّ كاروسي بالعنكبوت يتسلق إلى جوفه، ثم استكان تحت ضلوع صدره، وفَكَّاه يرتجفان في غضب.

حدّق كاروسي في الجدار المقابل، لكنه لم يجد في القوام الهزيل المنعكس في ألواحه الخشبية اللامعة ما يريحه.

أقبلت عليه الموظفة التي رآها من قبل، وفي يدها حقنة، وبدت حركاتها مضطربة.

«سيدي، تفضل ‹اللوتازولام›. إنه يساعد على تخفيف التوتر».

تجاهلها كاروسي، وقال للرجل: «أيمكنني أن أتصل بزوجتي؟».

تململ الرجل في مقعده بشيء من عدم الارتياح، ثم قال: «إن هذا.. أمر غريب بالنسبة لنا. لم يطلب منا أحد أبدًا أن يرحل من قبل». بدا الرجل وكأنه يدير الأمرَ في رأسه، بينما يرمق الفتاة ببصره، وقال: «سنعطيك خمس دقائق فقط، لا أكثر».

غادرا الغرفة، وتركا الرجل وحده مع العنكبوت. وبعد دقيقة واحدة، أومض وجه زوجته على الجهاز اللوحي ثلاثي الأبعاد؛ فانهار كاروسي، وانفجر في البكاء. ■

محمد عاطف سليم رَحَّال ماليزي، يقيم حاليًّا في مدينة هاملتون (مدينة المستقبل)، نيوزيلندا، حيث يعمل كطبيب تشخيصي.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



رائدة العلوم في العالم العربي

متـاحـةٌ الآن للجميــع ..

In print

Twitter

Facebook

YouTube

Nature Podcast

arabicedition.nature.com

tumblr.com

Mobile App

لقد كانت مهمتنا دومًا إيجاد سُبُل جديدة ومبتكرة لمشارَكة أحدث الاكتشافات في مجال العلوم، وتطوير النقاش بين المجتمع العلمي العالمي. وتُعَدّ دوريّة *Nature* الطبعة العربية سواء النسخة الورقية المطبوعة، أو الإلكترونية، أو تطبيق الهواتف الذكية بمنزلة مُنْتَدَاك الخاص لقراءة الأبحاث الرئيسة، ومشاهدتها، والاستماع إليها، والمشاركة فيها.





